



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного  
Білоруський державний аграрний технічний університет  
Варшавський політехнічний університет (Польща)  
Економічний університет у Вроцлаві (Польща)  
Інститут технологічно-природничий (Польща)  
Вроцлавський університет природничих наук (Польща)  
Аграрний університет Ім. Гуго Коллонтая (Польща)



# Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі



*Матеріали  
II Міжнародної науково-практичної  
інтернет-конференції 02-27 листопада 2020 р.*

Мелітополь, 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного  
Білоруський державний аграрний технічний університет  
Варшавський політехнічний університет (Польща)  
Економічний університет у Вроцлаві (Польща)  
Інститут технологічно-природничий (Польща)  
Вроцлавський університет природничих наук (Польща)  
Аграрний університет Ім. Гуго Коллонтая (Польща)

# **Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі**

*Матеріали  
II Міжнародної науково-практичної  
інтернет-конференції  
02-27 листопада 2020 р.*

Мелітополь  
2020

УДК [631.17+62-52](043)

Т 13

Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 02-27 листопада 2020 р.) / ТДАТУ: ред. кол. В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. - Мелітополь: ТДАТУ, 2020. - 773 с.

У збірнику представлені матеріали міжнародної науково-практичної конференції за результатами досліджень щодо технічного забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі.

Збірник тез є частиною науково-дослідних тем Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного «Розробити технічні засоби для приготування кормів та компостної суміші» (номер держреєстрації 0116U002721), «Розробка технологій та апаратів для очищення та контролю від забруднення поливної води, робочих та мастильних рідин» (номер державної реєстрації НДР 0116 U 002743) та «Розробка електротехнологічного комплексу і технічних засобів для підвищення якості паливно-мастильних матеріалів» (номер державної реєстрації НДР 0116 U 002723).

Матеріали призначені для наукових співробітників, викладачів, студентів й аспірантів вищих навчальних закладів, фахівців і керівників сільськогосподарських та переробних підприємств АПК різної організаційно-правової форми, працівників державного управління, освіти та місцевого самоврядування, всіх, кого цікавить проблематика технічного забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі.

Відповідальність за зміст наданих матеріалів, точність наведених даних та відповідність принципам академічної доброчесності несуть автори. Матеріали видані в авторській редакції.

**Редакційна колегія:** *Кюрчев В.М.*, д.т.н., проф., член-кореспондент НААН України, ректор Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного; *Надикто В.Т.*, д.т.н., проф., член-кореспондент НААН України, проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності ТДАТУ; *Скляр О.Г.*, к.т.н., проф. кафедри «Технічний сервіс та системи в АПК», перший проректор ТДАТУ; *Кюрчев С.В.*, д.т.н., проф. кафедри «Технологія конструкційних матеріалів», декан механіко-технологічного факультету ТДАТУ; *Журавель Д.П.*, д.т.н., проф. кафедри «Технічний сервіс та системи в АПК» ТДАТУ; *Болтянська Н.І.*, к.т.н., доц. кафедри «Технічний сервіс та системи в АПК», начальник науково-методичного центру ТДАТУ; *Скляр Р.В.*, к.т.н., доц. кафедри «Технічний сервіс та системи в АПК», завідувач відділу моніторингу якості освітньої діяльності ТДАТУ.

*Адреси для листування:*

**72310, Україна, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18**

**E-mail: [nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua](mailto:nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua)**

**Сайт конференції: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/conf/>**

© Автори тез, включені до збірника, 2020

© Таврійський державний агротехнологічний університету імені Дмитра Моторного, 2020

---

**ЗМІСТ****СЕКЦІЯ 1. СУЧАСНИЙ СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ**

---

<i>Serebryakova N., Podashevskaya H., Boltianska N., Manita I.</i> Selection of optimal modes of heat treatment of grain	20
<i>Челомбитько М.А., Корко В.С.</i> Особенности и перспективы использования инновационных нетермических технологий в пищевой промышленности	25
<i>Wojciech Golimowski, Filip Sz wajca</i> Wpływ biopaliw na zużycie jednostkowe paliwa silnika diesla	31
<i>Скляр О.Г., Скляр Р.В.</i> Технологічні аспекти виробництва біогазу	35
<i>Дереза С.В., Болтянська Н.І.</i> Впровадження нанотехнологій у виробництво кормів для тваринництва	40
<i>Савченко В.М., Міненко С.В. Веремій Т.Б., Якубівський В.О., Гончарук В.А.</i> Екологічні та енергоефективні ґрунтообробні та посівні машини	42
<i>Boltianska N., Zabolotko O.</i> Nanotechnology – a perspective for agriculture	45
<i>Грабар І.Г., Зембицький В.В., Сичевський В.М., Швагро М.В., Курис І.М.</i> Зношувальна здатність мінеральних добрив	49
<i>Мітков В.Б., Шиленко А.С.</i> Удосконалення поливу та режимів краплинного зрошення в умовах закритого ґрунту	51
<i>Скляр Р.В. Курашкін О.С.</i> Анаеробна утилізація сільськогосподарських відходів в біогазових установках	55

<b>Болтянська Н.І., Помазан А.С.</b> Напрямки формування інноваційної структури сільськогосподарського виробництва	60
<b>Журавель Д.П.</b> Аналіз технологій отримання біодизельних паливних	65
<b>Болтянська Н.І., Заболоцкий А.В.</b> Ключові проблеми розвитку нанотехнологій в Україні	72
<b>Болтянський О.В., Марков Б.О.</b> Використання аміаку як носія водню в якості палива для двигунів внутрішнього згоряння	75
<b>Журавель Д.П., Чебанов А.Б., Верещага О.Л.</b> Аналіз способів отримання олійних матеріалів із насіння рицини	77
<b>Пинчук А. А.</b> Проблемы охраны труда в сельском хозяйстве и пути их решения	82
<b>Болтянська Н. І., Шокарев О. М.</b> Шляхи підвищення ефективності управління сільськогосподарським виробництвом	86
<b>Ярошенко І.О., Чорна Т.С.</b> Система обробітку ґрунту при вирощуванні органічної продукції	91
<b>Скляр Р.В., Григоренко С.М.</b> Удосконалення технології метаногенерації пташиного посліду	94
<b>Савченко В.М., Борак К.В. Голощук В.О., Гордієнко В.С.</b> Зносостійкі матеріали для наплавлення деталей машин, які працюють в умовах ударно-абразивного зношування	100
<b>Болтянська Н.І., Вуколов В.І.</b> Використання нанотехнологій у тваринництві	103
<b>Савченко В.М., Міненко С.В., Веремій Т.Б., Сюравичик В.І.</b> Взаємодія сошника сівалки з ґрунтом	107
<b>Тарасюк В. А., Безвіконний П. В.</b> Вплив норм висіву і доз добрив на врожайність коріандру в умовах західного лісостепу	109

---

<b>Міненко С.В., Доброворський С.Ю.</b> Підвищення зносостійкості деталей машин, які працюють в умовах газозабразивного зношування	112
<b>Іваненко С.Г., Чорна Т.С.</b> Вирощування сої на крапельному зрошенні	113
<b>Болтянська Н.І., Болтянський О.В.</b> Особливості розвитку інноваційних процесів в тваринництві України	116
<b>Савченко В. М., Міненко С. В., Лопатинець Д. І., Сологуб К. В.</b> Умови зберігання ґрунтообробних машин	120
<b>Грабар І.Г., Зембицький В.В., Сичевський В.М., Швагро М.В., Курис І.М., Шиханцов М.В.</b> Рідинно-абразивне зношування деталей сільськогосподарських машин	122
<b>Болтянський О.В., Стефановський О.Б.</b> Про розвиток водневої енергетики в минулому і в теперішній час	125
<b>Сендецький В.М., Козіна Т.В., Мельничук Т.В.</b> Особливості застосування елементів біологізації агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур	130
<b>Дробіт О.С., Влащук А.М., Белов В.О.</b> Водоспоживання посівів буркуну білого однорічного залежно від основного обробітку ґрунту та способів збирання	134
<b>Безвіконний П.В.</b> Вплив обробітку ґрунту і застосування гербіцидів на врожайність буряка столового в умовах західного лісостепу	136
<b>Керницький І.С., Березовецький С.А., Гуменюк Р.В., Якимчук О.В.</b> Пристрій визначення зусилля притискання ручної електричної полірувальної машини для відновлення лакофарбових покриттів кузовних елементів самохідних колісних машин	138
<b>Vabayeva S.N., Goroshchenia Z.M.</b> Next generation of farming	143

## СЕКЦІЯ 2. ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА ТА ТВАРИННИЦТВА

---

**Любич В. В.**

Вихід і якість крупи плющеної із зерна пшениці м'якої різного типу твердозерності 147

**Волик Б.А., Теслюк Г.В., Коновий А.В.**

Обґрунтування конструктивних параметрів глибокорозпушувача ґрунту 151

**Пастушенко С.І., Клендій М.Б., Клендій М.І.**

Дослідження тягового опору експериментального варіанту борони з гвинтовими робочими органами 158

**Китун А.В., Бондарев С.Н., Романович А.А., Сапожников Ф.Д.**

Определение условия непрерывности работы поточной линии 164

**Boltianska N.I., Zabolotko O.**

The use of chitosan succinate to increase the milk production of cows 170

**Кузьмина Т.Н., Кузьмин В.Н.**

Способы локального обогрева и эффективность их применения в свинарниках-маточниках 173

**Збродыга В.М., Зеленькевич А.И., Вакулич Р.С.**

Исследование уровня высших гармоник в электрических сетях молочно-товарного комплекса 179

**Uskenov R.B., Boltianska N.I.**

The need to improve the feeding parameters of cattle 184

**Кардашов П.В., Корко В.С., Дубодел И.Б.**

Электрохимическая обработка кормов 188

**Парієв А.О., Коротченко Т.М.**

Удосконалені технічні засоби для пасовищного утримання овець 192

**Болтянська Н.І., Рижов О.І.**

Напрями модернізації виробничих і технологічних процесів у тваринництві 196



---

<b><i>Збродыга В.М., Зеленькевич А.И., Ершов В.В.</i></b> Исследование симметрии напряжения в электрических сетях молочно-товарного комплекса	201
<b><i>Болтянська Н.І., Дереза С.В.</i></b> Аналіз причин захворювання корів на субклінічний мастит	205
<b><i>Лещенко І. А.</i></b> Вихід крупки подрібненої із зерна пшениці полби залежно від ступеня його лущіння	210
<b><i>Скорб І. І.</i></b> Исследования гомогенизатора для перемешивания жидкого навоза в канале	214
<b><i>Boltianska N., Izdebski W.</i></b> On the issue of increasing the completeness of feeding highly productive cows	220
<b><i>Клецко І.М., Мітков В.Б.</i></b> Обґрунтування доцільності отримання біогазу в Україні	224
<b><i>Буряк Т.Ю., Волик Б.А.</i></b> Аналіз механізму збудження коливань робочих органів дискатора	228
<b><i>Скляр О.Г., Каранетров В.В.</i></b> Суть та впровадження технології компостування	232
<b><i>Болтянська Н.І.</i></b> Щодо питання підвищення повноцінності годівлі високопродуктивних корів	235
<b><i>Кольга Д.Ф., Костюкевич С.А., Назарова Г.Ф.</i></b> Аналіз способів подгребання кормов	240
<b><i>Дімітров І.С., Чорна Т.С.</i></b> Особливості документообігу на приватній пасиці	243
<b><i>Семерня О.В.</i></b> Поведінковий аудит виробничої безпеки в підприємствах АПК	245
<b><i>Желєзна В. В.</i></b> Кормові добавки з використанням продуктів переробки гарбуза	247



<b>Ачкевич О. М., Ачкевич В. І.</b> Покращення якості отриманого молока при використанні стійлового молокопроводу	249
<b>Скляр Р.В., Денисенко Д.А.</b> Особливості використання гною на органічні добрива	251
<b>Болтянська Н.І., Заболотько О.О.</b> Необхідність вдосконалення параметрів годівлі великої рогатої худоби	254
<b>Таценко О. В.</b> Аналітичне дослідження показників роботи орного машинного агрегату для виробничих умов Сумщини	258
<b>Комлач Д.И., Воробей А.С., Ракова Н.Л., Гарост П.Н.</b> Универсальный копатель-валкоукладчик КПУ–1.4	261
<b>Курашкін О.С., Скляр Р.В.</b> Переваги та недоліки біологічних способів переробки гною на органічні добрива	265
<b>Стрижка Є.С., Третьяк І.Л., Волик Б.А.</b> Полицевий робочий орган для обробітку ґрунту в умовах ведення органічного землеробства	268
<b>Комар А.С., Болтянська Н.І.</b> Сучасні методи і обладнання для гранулювання комбікормів	272
<b>Якубовская Е.С., Глобазж Д.И.</b> Моделирование работы системы автоматического регулирования температурой пастеризации молока в линии сквашивания молока для приготовления творожного сыра	276
<b>Барабаш Г.І., Мікуліна М.О.</b> Порівняльна оцінка використання посівних комплексів	280
<b>Головченко Г.С., Калнагуз О.М., Євтушенко О.П.</b> Аналіз розкидальних барабанів розкидачів добрив	282
<b>Григоренко С. М., Скляр Р. В.</b> Конверсії вторинної сировини в повноцінну продукцію сільського господарства	284

---

<b>Сіренко Ю.В., Калнагуз О.М., Ломонос Р.М.</b> Огляд технічних засобів для внесення мінеральних добрив та їх основні агровимоги	291
<b>Довжик М.Я., Сіренко Ю.В.</b> Щодо реакції коліс трактора під час руху	292
<b>Горовий М.В., Калнагуз О.М., Решетіло С.О.</b> Дослідження процесу різання стебел сільськогосподарських матеріалів	294
<b>Руденко В.А., Горовий М.В., Калнагуз О.М., Іржавський А.О.</b> Дослідження ущільнення ґрунту енергетичними засобами	296
<b>Дереза О.О., Дереза С.В.</b> Покращення якості води для напування – запорука стабільної продуктивності тварин	297
<b>Кудря В.О., Семерня О.В., Калнагуз О.М., Дядюра М.В.</b> Аналіз теоретичних досліджень процесу внесення добрив	303
<b>Григоренко С.М.</b> Залежність кольору та консистенції посліду від стану птиці	305
<b>Сиротюк В.М., Коруняк П.С., Березовецький С.А., Березовецька О.Г.</b> Теоретичне дослідження процесу тертя-ковзання за змочуваної площі контакту пари «ротор-статор» у двороторній вакуумній pompі доїльної установки	308
<b>Болтянський Б. В., Дереза О. О., Дереза С. В.</b> Забезпечення комфорту тварин у молочному скотарстві	312
<b>Прокopenко К.Ю., Колодій О.С.</b> Вплив вологості насіння соняшника на швидкість повітряного потоку	316
<b>Дереза С.В., Димченко Д.</b> Розробка дробарки - змішувача концкормів	319
<b>Березовецький А.П., Тимочко В.О., Городецький І.М.</b> Відновлення роботоздатності зварних конструкцій сільськогосподарської техніки, яка працює в агресивних середовищах	320

---

<b>Скляр Р.В.</b> Порівняльні показники анаеробної переробки відходів тваринництва	324
<b>Біднина І.О., Томницький А.В., Шкода О.А., Козирєв В.В., Шарій В.О.</b> Вплив систем обробітку ґрунту та удобрення на еколого-меліоративний стан темно-каштанового ґрунту в умовах зрошення півдня України	328
<b>Дереза С.В., Савійський С.</b> Удосконалення мобільного кормороздавача для доставки, подрібнення і роздавання коренеплодів	330
<b>Дереза С.В., Фесівський В.</b> Перспективи розвитку машин та обладнання для доїння корів та первинної обробки молока в Україні	331
<b>Скляр О.Г., Гузь О.О.</b> Обґрунтування фізико-хімічних властивостей органічних відходів тваринництва як субстрату анаеробної переробки	333
<b>Комар А.С.</b> Доцільність гранулювання органічних відходів рослинного і тваринного походження	336
<b>Комар А.С.</b> Щодо використання пташиного посліду в раціонах тварин та птиці	341
<b>СЕКЦІЯ 3. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АПК</b>	
<b>Маніта І.Ю., Болтянська Н.І.</b> Питання цифровізації сільського господарства в Україні	346
<b>Мікуліна М.О., Поливаній А.Д.</b> Стан використання геоінформаційних систем в сільському господарстві	351
<b>Шило І.Н., Непарко Т.А., Жданко Д.А.</b> Зависимость затрат производственных ресурсов от урожайности сельскохозяйственных культур	353
<b>Boltianska N, Manita I., Podashevskaya H.</b> Areas of application of nanotechnologies in animal husbandry	357

---

<b>Непарко Т.А.</b> Определение количества транспортных средств в уборочно-транспортном отряде при заготовке кормов	362
<b>Батюк Л.М., Батюк М.В.</b> Використання сучасних інтелектуальних автомобілів в АПК	368
<b>Подашевская Е.И., Сапун О.Л., Гурнович М.Н.</b> Применение математического моделирования в транспортной логистике	369
<b>Болтянська Н.І., Латоша В.В.</b> Геоінформаційні системи – нові технології для сільського господарства	372
<b>Непарко Т.А., Жебрун В.И.</b> Снижение простоев технических средств при возделывании сельскохозяйственных культур	375
<b>Rogovskii I.</b> Analytical formalization of the purpose of the system of maintenance of agricultural machinery	379
<b>Лубко Д.В., Зінов'єва О.Г., Шаров С.В.</b> Проектування інформаційно-довідкової системи агронома для рослинництва на прикладі вирощування соняшника	382
<b>Маніта І.Ю., Болтянська Н.І.</b> Перспективи використання тривимірної комп'ютерної візуалізації при дослідженні наноструктур	391
<b>Кулаковский Д.А., Тюнина Е.А., Татарчук О.Е.</b> Система управления технологическими процессами для теплиц, сушильных и морозильных камер	396
<b>Сырокваш Н.А., Клинцова В.Ф.</b> Информационные технологии как инструмент повышения эффективности производственно-хозяйственной деятельности предприятий	398

## СЕКЦІЯ 4. НОВАЦІЇ У ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

---

**Журавель Д.П.**

Діагностуванні технічного стану енергетичних засобів шляхом контролю якісних показників змащувальних олив 402

**Болтянська Н. І., Маніта І. Ю.**

Застосування наноматеріалів в безрозбірному сервісі 413

**Куликівський В. Л., Мельник В. Л., Слинко В. Д., Лібиховський В. В., Мандра В. В.**

Стійкість до абразивного зношування покриття на основі порошку Stellite 6 418

**Журавель Д.П., Копосов А.Д.**

Підвищення зносостійкості трибосистем при використанні добавок 422

**Роговський І.Л.**

Обґрунтування схеми системності розробки засобів технологічного оснащення технічного обслуговування 432

**Сапожников Ф.Д., Швед И.М. Назаров Ф.И.**

Діагностика спиральних компресорів молокоохладительних установок 436

**Борак К. В., Кравченко Ю. О., Левківський О. О., Менчинський Ю. Б., Коцюба І. І., Соболев А. А.**

Переваги застосування борвмісної сталі для виготовлення деталей ґрунтообробних машин 442

**Шокарев О.М., Кабанов О.І.**

Підвищення рівня надійності сільськогосподарської техніки 445

**Шокарев О. М., Болтянська Н. І.**

Засоби діагностики сучасних автотранспортних засобів 450

**Бурцева С.О., Журавель Д.П.**

Дослідження гідроабразивного зносу заглибних насосів 455

---

<b>Тарабанов Є.О., Новік О.Ю.</b> Вибір режимів вібронакаткування внутрішніх поверхонь деталей	461
<b>Болтянський О.В., Білоножко В.В.</b> Конструктивні особливості та робота газобензинових двигунів із турбонаддувом	465
<b>Бондар А.М., Журавель Д.П.</b> Обґрунтування показників експлуатаційної надійності енергетичних засобів	467
<b>Субочев О.І., Клименко В.Ю.</b> Комплексна оцінка рівня якості послуг підприємств технічного сервісу	474
<b>Журавель Д.П., Бондар А.М.</b> Несправності рulloвого керування та їх наслідки	478
<b>Болтянський О.В., Шардін В.С.</b> Поліпшення техніко-економічних показників газових двигунів застосуванням газотурбінного наддуву	480
<b>Болтянська Н.І., Шокарев О. М.</b> Забезпечення надійності складних систем на різних етапах експлуатації	483
<b>Клик А. В., Журавель Д. П.</b> Обґрунтування кавітаційного зносу енергосистем	488
<b>Бондар А.М., Антропов Я.В.</b> Обґрунтування необхідності виконання відновлювальних робіт у технічному сервісі	493
<b>Петренко К.Г., Журавель Д.П.</b> Обґрунтування процесів при терті та зношуванні трибоспряжень	495
<b>Болтянський О. В., Ускова С. О.</b> Напрями удосконалення форсунок сучасних дизельних двигунів	502
<b>Журавель Д.П.</b> Безмоторні методи оцінки якості моторних оливо енергетичних засобів	504

<b>Болтянський О.В.</b> Прогресивні системи впорскування палива	511
<b>Журавель Д.П., Гвоздовський О.М.</b> Обґрунтування видів зношування енергетичних засобів та методів їх оцінки	514
<b>Мітков В.Б., Постол О.Г.</b> Обґрунтування доцільності використання альтернативного палива	521
<b>Лакосіна А.О., Журавель Д.П.</b> Фретинг і фретинг-втома конструкційних матеріалів і деталей	525
<b>Паніна В.В., Атаманова Ф.І.</b> Ремонт обладнання тваринницьких ферм в Мелітопольському районі	529
<b>Болтянський О.В., Шершенівська А.А.</b> Аналіз вентиляторів для системи рідинного охолодження турбодизеля	534
<b>Журавель Д.П., Бондар А.М.</b> Технологія ремонту рульових рейок	537
<b>Паніна В.В., Сапальов А.В.</b> Відновлення робочих органів сільськогосподарських машин	539
<b>Тарабанов Є.О., Новік О.Ю.</b> Визначення строку ефективного використання способу відновлення деталі	544
<b>Паніна В.В., Михальчук М.В.</b> Технічний сервіс сільськогосподарської техніки	549
<b>В'юник О. В., Фурдак Т. В.</b> Припрацювання поверхонь тертя деталей – важливий резерв підвищення надійності і ресурсу шестеренних насосів після ремонту	552
<b>В'юник О. В., Соколенко М.М.</b> Аналіз зносів деталей шестеренних насосів та способів їх усунення	557
<b>Тарельник Н.В., Калнагуз О.М., Михайлик С.В.</b> Характер зносу деталей циліндро-поршневої групи	562



---

<b>Колодій О.С.</b> Процес стружкоутворення	564
<b>Крупич О.М., Семен Я.В., Крупич Р.О., Левко С.І., Крупич С.О.</b> Методика проведення польових досліджень ручного віброударного струшувача волоських горіхів	566
<b>В'юник О. В., Овчаренко В. А.</b> Аналіз експлуатаційної надійності шестеренних насосів	570
<b>Восков А.С., Мілаєва І.І.</b> Особливості роторних двигунів	576
<b>Діоба А.Д., Мілаєва І.І.</b> Шляхи покращення показників карбюраторних автомобільних двигунів	577
<b>Паніна В.В., В'юник О.В., Дідур В.В.</b> Методика проведення експериментів з оцінки зносу шестеренних насосів	579
<b>Герук С.М., Руденко В.Г., Бучко І.О.</b> Ремонт та зміцнення робочих органів дискових борін	584
<b>Дідур В.В., Мотельчук М.М.</b> Огляд існуючих систем підтримки теплового режиму двигуна	587
<b>Дашивець Г.І., Печерська В.С.</b> Дослідження затребуваності послуг технічного сервісу в регіоні	593
<b>Дашивець Г.І., Бужора Д.А.</b> Обґрунтування і оптимізація параметрів процесу очищення деталей зануренням	599

**СЕКЦІЯ 5. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В ТЕХНОЛОГІЯХ АПК, ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ.**

---

**Журавель Д. П.**

Методика розрахунку енергоємності матеріалів деталей трибоспряжень 605

**Прищепов М.А., д.т.н., Зеленькевич А.И., Збродыга В.М.**

Анализ влияния соотношения основных размеров трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» на параметры магнитопровода 611

**Гончаренко Ю. П., Мельничук О. В.**

Комбінована геліовітроваенергетична установка для гарячого водопостачання тваринницьких ферм 617

**Боярчук В. М., Сиротюк С. В., Коробка С. В., Сиротюк В. М., Стукалець І. Г.**

Використання геліотермічних установок та сонячної енергії у технології сушіння фруктів 620

**Болтянська Н.І., Шокарев О.М.**

Напрями автоматизації технологічних процесів в АПК 626

**Мітков В.Б., Ігнат'єв Є.І.**

Дослідження впливу режиму роботи дизельного двигуна на показники екологічної безпеки 633

**Журавель Д.П.**

Розподіл енергії в процесі тертя і зношування поверхонь деталей вузлів і агрегатів 637

**Юрковець Ж.Г.**

Диагностика изоляции обмоток асинхронных электродвигателей в рабочем режиме 645

**Далека В.Х., Гузенко В.В., Тоберт М.Ю., Мотайло М.С.**

Удосконалення систем плавного пуску для сільськогосподарських машин момент опору яких не залежить від частоти обертання та прийняття рішень з програмою ЕСО 8 647

---

<b>Сіренко В.Ф., Зіненко Я.С.</b> Інновації для альтернативної енергетики на сумщині	654
<b>Бурцева С.О., Клик А.В., Постол Ю.О.</b> Використання низькопотенційної енергії ґрунтів як спосіб підвищення енергоефективності будівель	657
<b>Тюнина Е.А., Епифанов В.И., Кулаковский Д.А.</b> Способ снижения несимметрии напряжения в сельских электрических сетях	662
<b>Болтянський О.В., Стефановський О.Б., Волков С.В.</b> Способи підвищення тягово-зчіпних властивостей енергетичного засобу на транспортних роботах	664
<b>Савченко Л. Г., Гуменій В. С., Остапчук А. О.</b> Норми споживання теплової та електричної енергії для різних типів теплиць	669
<b>Журавель Д.П., Чебанов А.Б., Верецага О.Л.</b> Вимоги до підготовчих операцій при пресуванні мезги насіння рицини	673
<b>Удовиченко К.О., Гулевський В.Б.</b> Заощадження коштів шляхом нагрівання води від сонця	679
<b>Швед И.М., Кольга Д.Ф., Сапожников Ф.Д.</b> Обоснование выбора субстрата для биогазовой установки	682
<b>Жила В.І., Гузенко В.В., Марченко В.В.</b> Розрахунок швидкісних характеристик частотно-регульованих осьових вентиляторів у свинарниках	687
<b>Абаджян Є.Б., Постол Ю.О., Стручаєв М.І.</b> Використання двигуна зовнішнього згоряння для вироблення електричної енергії	692
<b>Савченко Л.Г., Осінов Н.О.</b> Способи отримання озону і типи конструкцій генераторів озону для стимуляції бджолиних сімей	696
<b>Козіна Т.В.</b> Вплив сонячної енергетики на соціально-економічне становище населення	699

---

<b>Стойков В., Постол Ю.О., Гулевський В.Б.</b> Про використання теплових насосів у розвинених країнах та широкомасштабне впровадження в Україні	701
<b>Палійчук В.К.</b> Застосування підвищеної частоти в сільськогосподарському обладнанні	707
<b>Палійчук В.К., Деревянченко П.П.</b> Основні показники надійності електроприводу	708
<b>Гулевський В.Б., Постол Ю.О., Стручаєв М. І.</b> Перспективність методу електрофлотації і можливість його використання для очищення стічних вод	711
<b>Палійчук В.К., Кондратюк О.Л.</b> Особливості розрахунку магнітного поля електричних машин	716
<b>Якубовская Е.С., Полищук Е.И.</b> Пути энергосбережения при автоматизации пароводогрейной котельной установки	719
<b>Носань С.В., Постол Ю.О., Ковальов О.В.</b> Задачі енергозбереження в житловому фонді	723
<b>Савойський О. Ю.</b> Метод інтенсифікації процесу сушіння високовологої яблучної сировини	728
<b>Сіренко В.Ф.</b> Особливості ефективного застосування газових конденсаційних котлів в системах опалення	731
<b>Сіренко В.Ф., Тимченко С.В.</b> Екологічні аспекти впровадження електромобілей	734
<b>Коротинский В.А., Клинцова В.Ф., Сырокваш Н.А.</b> Основные требования к системе перспективного энергообеспечения агрогородков	736

**СЕКЦІЯ 6. ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ  
АПК**

- Подашевская Е.И., Серебрякова Н.Г., Болтянская Н.И.**  
Решение проблемы оптимизации рациона сельскохозяйственных животных при подготовке специалистов АПК 740
- Галенюк Г.А., Жилич С.В., Быкова О.С.**  
Особенности изучения графических дисциплин при подготовке специалистов для АПК 744
- Гуд А.В., Подашевская Е.И., Сапун О.Л.**  
Методические проблемы формирования исследовательских умений при освоении учебной дисциплины «Системы автоматизированного проектирования» 746
- Галенюк Г.А., Жилич С.В.**  
Использование дистанционной системы обучения при инженерной подготовке студентов 750
- Якубовская Е.С., Молчан Л.Л.**  
Требования к электронному учебно-методическому комплексу как средству формирования инновационно-проектировочной компетентности будущего инженера 753
- Рослик Ж.П., Фомина Т.В., Старовойтова Ю.В.**  
Инновации в физическом воспитании студента 755
- Сапун О.Л., Сырокваш Н.А.**  
Формирование современного специалиста на основе информационных технологий 758
- Алисеенко Д.С.**  
Проектные технологии в системе инновационной образовательной подготовки инженерных кадров для АПК 761
- Deinaga A.O., Goroshchenia Z.M.**  
The use of drones in agriculture 764
- Серебрякова Н.Г.**  
Использование интеллектуальных тестов в практике работы высшей технической школы 768

**СЕКЦІЯ 1. СУЧАСНИЙ СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ**

---

УДК 636.4.085.55

**SELECTION OF OPTIMAL MODES OF HEAT TREATMENT OF GRAIN**

Serebryakova N.<sup>1</sup>, c.p.s.,  
Podashevskaya H.<sup>1</sup>, s. teacher,  
Boltianska N.<sup>2</sup>, c.t.s.,  
Manita I.<sup>2</sup>, s. teacher

<sup>1</sup>*Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus*

<sup>2</sup>*Dmytro Motorny Tavria state agrotechnological university, Melitopol, Ukraine*

Forage preparation is the most important technological process on farms, as 20–60% of all labor costs for production are spent on forage preparation. Mechanized preparation of feed on the basis of rational technology is an important condition for increasing labor productivity and reducing the cost of livestock products [1,2].

Mechanization of feed preparation significantly expands their range for different species of animals. Production and manufacture of briquettes, pellets, various types of canned food, creation of feed mixtures, selection of micro-ingredients to the required complexity, improving the availability of nutrients, requires the creation of high-tech equipment capable of replacing a range of machines and obtain high economic effect. The use of extrusion technology meets the above requirements. Press expanders provide a mechanical effect on the raw material, effectively destroying the structure of the material, thereby increasing the nutritional value and quality of feed. This treatment is associated with high temperatures up to 130°C and pressures up to 3,0 MPa. However, the efficient operation of the expanders is prevented by the high energy consumption of the process. The study of the influence of a complex of different factors on improving the efficiency of the expansion process is an urgent task [3-5].

Fodder grain is the main component in the production of animal feed and poultry. However, when feeding grain in the usual form, the digestibility of its nutrients by animal food systems is not more than 40-60%. Cereal grain on a par with other types of nutrients contains a lot of starch, the assimilation of which when fed to animals and poultry is slow and at the same time productively used only certain forms and then in small quantities. According

to a number of experiments, the digestibility of the nutritional potential of starch in its natural form does not exceed 20–25%, depending on the type of culture. Therefore, the task of new technologies of grain processing is to introduce such methods of processing raw materials, which allowed to translate starch into a form convenient for assimilation by animals. This is possible when the granular structure of starch is destroyed at the cellular level, which contributes to the rupture of natural bonds between the individual components and its conversion into simpler carbohydrates in the form of dextrans and sugars, ie Latinization of starch or dextrinization into simpler components [6].

Technological processes of heat treatment of grain are used to increase its feed value, and feed – to increase feed values and to prepare the feed for further granulation in order to reduce the specific energy consumption, increase the productivity of the press-granulator and give the granules the appropriate strength. It is also known that the use of pre-treatment of feed increases the yield of grits, which is obtained by grinding granules. Increasing the fodder value of grain and feed during heat treatment achieved by increasing the availability of nutrients, destruction anti-nutrients, improving the taste and reducing the total microbial count, which improves the sanitary quality of grain and feed.

Heat treatment of grain should be used in the production of feed for young poultry and animals, the digestive system of which is not yet able to produce the required amount of enzymes required for cleavage biopolymers of nutrients [7-9].

The use of heat-treated grain in the feed provides:

- for chickens – increase in average daily weight gain by 5–10% and reduction of specific costs of compound feeds by 5–7%;
- for piglets – increase of average daily weight gain by 10–15% and decrease of specific costs of compound feeds by 5–10%;
- for calves – increase in average daily weight gain by 5–10% and reduction of specific costs of compound feeds by 7–8%.

When choosing the optimal modes of heat treatment of grain and feed it should be borne in mind that stricter regimens can lead to almost complete destruction of anti-nutrients, maximize the availability of starch, but also lead to a decrease in the digestibility of such nutrients like protein, and to the loss of some biologically active substances. For example, at constant values of pressure (P) and temperature (t) the optimal duration of heat treatment should provide the maximum effect with minimal losses. Without special treatment, fiber, which is found in large quantities in grains and beans, especially in their upper protective layers and shells, is also difficult to digest. Therefore, development methods for in-depth processing of raw grain raw materials should contribute to the destruction of part of the cellulose-lignin formations of fiber in natural forms into simpler types of monosaccharides and amino acids [10,11].



Numerous scientific studies, as well as extensive production verification, have established that the negative impact of these barriers provided by nature for protection, especially seeds, as a biological source of constant production of most cereals and legumes, can be completely or largely suppressed. Due to the static and dynamic effects of external and internal pressure at the cellular and molecular level on protective membranes, temperature, osmosis and other factors, protein denaturation, destruction of anti-nutritional substances, dextrinization of starch, destruction of cellulose-lignin formations, almost complete sterilization of the final product from microorganisms and bacteria, the formation of a microporous structure in the finished product, the most favorable for the action of gastric juice, resulting in a more complete absorption of nutrients by the body of animals [12-14].

Scientists from many countries have conducted a number of studies proving the predominant properties of the expanda. One study concerned the splitting of starch during expansion. The breakdown of starch improves digestion in animals. The issue of starch cleavage is most relevant for piglets. A large proportion of broken starch allows piglets to digest the starch before it enters the colon – thus eliminating the cause of diarrhea, and stabilization of the gastrointestinal tract is especially important for small animals.

The main advantages of the exhibit:

- grit, unlike dirt, is not so hard, so it does not injure the esophagus and stomach of animals;
- the expander is coarse-grained, so it does not form dust and thus does not cause adhesion to the digestive and respiratory organs;
- the expander maintains stability and stability during transportation;
- the expander has a large surface area of particles and a porous structure that provides easier penetration of gastric juice and its own enzymes into the expander;
- when using expandable higher feed hygiene; when using the exhibit: feed consumption is reduced by 9%;
- coefficient of use of expanded feed per 1 kg. weight gain compared to loose feed increases by 9%; when using the exhibit: greater weight gain of animals;
- when using the exhibit: the best condition of the premises for keeping animals; when using the exhibit: low mortality of animals;
- when using exhibit: the best quality of meat; the process of expansion increases the shelf life of feed.

Short but intense exposure to heat, moisture and high pressure during expansion is effective in killing salmonella and other pathogenic bacteria, fungi and mold. The principle of disinfection is based not only on heat treatment, but also on the dynamic impact during the passage of the product through the working area of the expander. The process of expansion affects

the preservation of biologically active substances introduced into feed with a premix or as monocomponents. This applies primarily to the vitamin complex. The residual activity of vitamins in the expanded feed is given below.

Table 1

## Residual activity of vitamins after feed treatment, %

Vitamins	Expander		Expander + press granulator		Press granulator	
	101- 105°C	111- 115°C	80- 90°C	91- 95°C	86- 90°C	91- 95° C
A encapsulated	97	95	93	90	94	91
D 3 - encapsulated	98	96	93	91	93	92
E acetate	97	95	92	90	93	92
K 3	82	78	63	58	75	72
B 1 - mononitrate	96	92	87	82	89	87
B 2 - riboflavin	92	88	84	78	89	87
B 6 – pyridoxine	94	91	85	79	87	85
B 12 - cobalamin	97	96	94	92	96	96
Pantothenic acid	95	92	86	82	89	87
Folic acid	94	91	85	81	89	87
Biotin	94	91	85	81	89	87
Niacin	93	89	85	80	90	89
C – ascorbic acid phosphate	98	96	92	89	93	92
Choline chloride	99	98	97	95	97	97

Evidence of high efficiency of expansion is the determination after the process of expansion of the stability of biologically active components (amino acids).

Table 2

## Comparative amino acid content before and after expansion

Indicator	Amino acids		
	Lysine	Threonine	Methionine
Content in unprocessed feed, %	0,84	0,61	0,55
Content in expanded compound feeds (in%) during processing, ° C 120 °C	0,83	0,59	0,56
130 °C	0,78	0,57	0,54

**References**

1. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production». 2019. Uman. 18-20.

2. Boltyanska N. I. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.
3. Boltyanskaya N. I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.
4. Boltyanskaya N. I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.
5. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.
6. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158.
7. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll. scientific-works of Intern. Research Practice Conf. «Topical issues of development of agrarian science in Ukraine». Nizhin, 2019. Pp. 84–91.
8. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. TDATU Scientific Bulletin. 2018. Issue 8. Vol. 2. Pp. 44–56.
9. Boltyansky B., Boltyansky O. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.
10. Скляр Р.В., Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
11. Boltyanskaya N. I. The creation of optimal microclimate parameters in the conditions of growing shortage of energy in the pig industry. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kiev. 2016. Vol. 254. 284-296.
12. Boltyanskaya N. I. Indicators of an estimation of efficiency of application of resourcesbutGauci technologies in animal husbandry. Bulletin of Sumy national agrarian University. A series of «Mechanization and automation of production processes». Amount. 2016. Vol. 10/3 (31). 118- 121.
13. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.
14. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 664.8

## ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ НЕТЕРМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Челомбитько М.А., к.с.-х.н.,

Корко В.С., к.т.н.

*Белорусский государственный аграрный технический университет  
г. Минск, Беларусь*

**Постановка проблемы.** В последние годы потребители требуют удобных и здоровых пищевых продуктов, которые имели бы характеристики высокого качества и «свежести», но при этом были бы безопасными и имели длительный срок хранения.

Существующие традиционные технологии термической обработки пищевых продуктов (пастеризация, высокотемпературная стерилизация, сушка и выпаривание) могут обеспечивать микробиологическую безопасность или стабильность качественных показателей их продуктов, но могут разрушить некоторые пищевые ингредиенты, особенно термочувствительные витамины и полифенолы, которые были связаны с качеством пищи [5]. Более высокие температуры обработки и длительное время воздействия также производят некоторые потенциально вредные компоненты в пищевых продуктах, которые представляют опасность для человека [4].

В связи с этим необходимы инновационные технологии обработки и консервирования пищевых продуктов, которые не требуют высоких температур и длительного времени обработки. Такие низкотемпературные обработки с коротким временем действия будут вызывать минимальные изменения вкуса пищевых продуктов и основных питательных веществ или вообще не менять их [8]. Поэтому в последние годы нетермические технологии в пищевой промышленности широко исследуются, и они потенциально способны частично или полностью заменить традиционные устоявшиеся процессы консервации [3]. Цель настоящей работы состоит в том, чтобы представить направления использования нетепловых технологий и механизмы их действия, а также изучить потенциальные перспективы применения комбинации нетепловых обработок в пищевой промышленности, потому что это не только позволит преодолеть недостатки конкретной технологии, но также повысит ее эффективность при меньшей интенсивности использования.

**Основные материалы исследования.** Нетермические технологии, использующие такие факторы как ультрафиолетовое (УФ) излучение, электрические импульсные поля (ЭИП), высокое

гидростатическое давление (ВГД) и ультразвук (УЗ), могут обеспечивать сенсорное качество и питательную ценность пищевых продуктов при более коротком времени обработки и более низких температурных условиях и по-прежнему использоваться для повышения безопасности пищевых продуктов и продления срока хранения пищевых продуктов [1].

Например, обработка электрическим импульсным полем применялась к таким продуктам, как яблочный сок, и было показано, что логарифмическое сокращение дрожжевых клеток составляет 5,03 [7]. Нетермические технологии могут подавлять активность ферментов в пищевых продуктах, таких как липоксигеназа (LOX), полифенолоксидаза (PPO), пероксидаза (PO) и пектинэстераза (PE).

В таблице 1 показаны некоторые типичные методы нетепловой консервации и их влияние на активность микроорганизмов и ферментов. Механизмы стерилизации нетермических технологий в основном относятся к следующим двум аспектам: изменение структуры клеточной мембраны для устранения регулирующей функции микроорганизма; разрушение генетического материала с целью вызвать метаболические нарушения у микроорганизма. Эти технологии также могут применяться для экстракции, сушки и других процессов массопереноса, если технологический процесс может изменить структуру клеточной мембраны, например, технологии с применением (PEF) и US.

Таблиця 1

**Характеристики нетермических технологий в пищевой промышленности**

Действующий физический фактор	Параметры воздействий	Критические факторы	Механизм инактивации	Области применения
Импульсное УФ-излучение (PL)	1...20 импульсов в секунду при плотности энергии от 0,01 до 50 Дж/см <sup>2</sup>	Количество импульсов, расстояние от источника излучения и толщина продукта	Поглощение УФ-излучения вызывает мутации ДНК	Для обработки поверхности пищевых продуктов, оборудования и упаковочных материалов
Ультразвук (US)	Частоты выше 100 кГц при интенсивностях ниже 1 Вт/см <sup>2</sup> или 18...100 кГц при	Плотность звуковой энергии (Вт/см <sup>3</sup> ) и пищевые свойства, такие как вязкость и размер частиц	Истончение клеточных мембран, локальный нагрев и образование свободных радикалов	Для эмульгирования, стерилизации, экстракции и замораживания свежих пищевых продуктов

	10...1000 Вт/см <sup>2</sup> )			
Радиационное облучение (IR)	<sup>60</sup> Со в качестве источника энергии гамма-излучения и стерилизующих доз около 1...50 кГр (обычно в диапазоне 1...10 кГр)	Характеристики пищевых продуктов (плотность, влажность и уровни антиоксидантов) и внешние факторы (температура, наличие или отсутствие кислорода и последующие условия хранения)	Изменение хромосомной ДНК и/или цитоплазматической мембраны	Используются для расфасованных или сыпучих пищевых продуктов
Холодная плазма (CPL)	Обычно барьерный тлеющий разряд между двумя параллельными электродами	Условия обработки (давление газа, тип, расход, частота и мощность возбуждения плазмы) и состав газа	Разрушение липидного бислоя клеточной мембраны	Используется для обработки поверхности сырья и упаковочных материалов
Импульсные электрические поля (PEF)	Напряженность электрического поля в диапазоне 20...80 кВ/см, несколько импульсов и время обработки менее 1 с.	Параметры устройства (тип волны, напряженность электрического поля, ширина импульса, частота) и пищевые свойства (проводимость, значение pH и т.п.)	Нарушение клеточных мембран (электрической пробой и электропорация)	Используется для обработки жидких продуктов (фруктовый сок, молоко и др.)
Обработка под высоким давлением (HPP)	Обычно давление от 200 до 400 МПа и температура <50 °С.	Независимо от геометрии продукта, размера оборудования и параметров оператора (давление, температура и время обработки)	Проницаемость клеточной мембраны	Используется для расфасованных пищевых продуктов или сыпучих продуктов



Нетермические технологии способны инактивировать микроорганизмы при температуре окружающей среды или умеренных температурах, но эти процессы требуют очень высокой интенсивности обработки или некоторых ограничений использования указанных в таблице технологий, так как их летальный эффект обычно связан с более низким значением pH. Более того, бактериальные споры и высокоустойчивые микроорганизмы также могут ограничивать летальную эффективность отдельных нетермических технологий, таких как технология PEF.

Чтобы усилить противомикробный эффект при более низкой интенсивности процесса, можно сочетать нетермические технологии с традиционными методами консервации в пищевой промышленности. Например, можно применять противомикробные агенты или другие нетермические методы обработки: сочетание НРР с лактицином или низином; использование PEF с одновременным воздействием ультразвуком. Antonio-Gutiérrez, O. и др. [2] показали, что соки грейпфрута, обработанные ультразвуковым распылением в сочетании с методом УФ-излучения, были эффективны в инактивации *S. cerevisiae*. Они обнаружили, что микробная популяция сока была уменьшена на 2,8 log цикла после трех проходов за счет комбинации нетеплового процесса по сравнению с 0,84 log цикла при использовании одного УФ-излучения, а качество сока не имеет значительных изменений, таких как pH и цвет.

Комбинированные нетермические методы не только могут компенсировать недостатки одного метода, но также могут обеспечить синергетический эффект во время обработки пищевых продуктов. Хотя механизмы инактивации путем комбинирования нетепловых процессов все еще неясны, концепция барьерной технологии может быть возможным пониманием того, почему комбинации нетепловых процессов могут обеспечить лучший антимикробный эффект. Во время инактивации микробной клетки нацеливание на препятствия определяется за один нетермический процесс.

Летальная эффективность может быть увеличена до определенной степени за счет оптимизации условий обработки, но клетки имеют одновременно механизм самовосстановления, что приводит к тому, что некоторые микробные клетки находятся в сублетальном состоянии, тем самым расходуя часть внешней энергии. После того, как враждебная среда исчезла, метаболизм клеток может быть частично, или полностью восстановлен. Однако при стерилизации микробной клетки с использованием сочетания различных типов нетепловых технологий могут быть атакованы различные клеточные мишени, такие как мембранный белок, липид и ДНК, и нарушены некоторые функции микробной клетки, что приводит к самопроизвольной работе клеток.



Следовательно, сочетание различных методов обработки может усилить их смертельное или ингибирующее действие на микроорганизмы. Несмотря на то, что в последние годы в некоторых исследованиях сообщалось, что комбинация нетепловых технологий успешно улучшила эффект инактивации по сравнению с контрольными или единичными методами обработки в пищевой промышленности, но исследования следует считать предварительными, а категории их применения пока ограниченными. Это означает, что сочетание технологий нетермической обработки должно быть тщательно изучено, чтобы обеспечить наилучший стерилизационный эффект в условиях минимальной интенсивности обработки, которые соответствуют концепции «зеленой обработки». Исследователи считают, что объединение нетепловых технологий станет новым направлением исследований в будущем.

**Результаты и выводы.** В технологиях нетермической обработки не используется нагрев в качестве основного средства инактивации микроорганизмов и ферментов в пищевых продуктах, поэтому оказывается минимальное влияние на их цвет, аромат, вкус и пищевую ценность, обеспечивая при этом высокие стандарты условий безопасности, а также соответствие требованиям потребителей к «минимально обработанным пищевым продуктам». Более того, по сравнению с термической обработкой, такой как пастеризация, выпаривание и сушка, эти нетермические методы обработки имеют преимущества сокращения времени обработки, снижения энергоемкости, повышения уровня безопасности и увеличения срока хранения пищевых продуктов. Однако все эти нетермические технологии имеют значительные ограничения в обеспечении качества пищевых продуктов с точки зрения сенсорных свойств, таких как текстура, цвет, вкус и аромат, а также пищевая ценность, поскольку оба они значительно ухудшаются из-за экстремальных условий обработки, таких как время обработки, температура, подводимая энергия [6].

Следовательно, для получения более безопасных, здоровых и качественных пищевых продуктов комбинированная обработка может быть более эффективным методом обработки для пищевой промышленности. Например, пищевое сырье, прошедшее обработку PEF или US перед традиционными процессами сушки и замораживания, не только повышает эффективность сушки и замораживания, но и обеспечивает улучшенное качество продукта. Кроме того, производство оборудования в промышленных масштабах, определение четких механизмов, разработка стандартов и исправление неправильных представлений потребителей о нетермической обработке будут важны для продвижения нетермических технологий в пищевой промышленности. Как только эти проблемы будут решены,

рассмотренные технологии найдут гораздо более широкое применение в пищевой промышленности.

***Список использованной литературы***

1. Alexandre, E.M., Brandão, T.R. & Silva, C.L. Efficacy of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. *Journal of Food Engineering*. 2012. Vol. 108. P. 417–426.

2. Antonio-Gutiérrez, O., López-Malo, A., Ramírez-Corona, N. & Palou, E. Enhancement of UVC-light treatment of tangerine and grapefruit juices through ultrasonic atomization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2017. Vol. 39. P. 7–12.

3. Frewer, L., Bergmann, K., Brennan, M. et al. Consumer response to novel agri-food technologies: implications for predicting consumer acceptance of emerging food technologies. *Trends in Food Science & Technology*. 2011. Vol. 22. P. 442–456.

4. Hellwig, M. & Henle, T. Baking, ageing, diabetes: a short history of the Maillard reaction. *Angewandte Chemie International Edition*. 2014. Vol. 53. P. 10316–10329.

5. Lima, G.P.P., Vianello, F., Corrêa, C.R., da Silva Campos, R.A. & Borguini, M.G. Polyphenols in fruits and vegetables and its effect on human health. *Food and Nutrition sciences*. 2014. Vol. 5. P. 1065–1082.

6. Lopes, R.P., Mota, M.J., Gomes, A.M., Delgadillo, I. & Saraiva, J.A. Application of High Pressure with Homogenization, Temperature, Carbon Dioxide, and Cold Plasma for the Inactivation of Bacterial Spores: a Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018. Vol. 17. P. 532–555

7. Marx, G., Moody, A. & Bermúdez-Aguirre, D. A comparative study on the structure of *Saccharomyces cerevisiae* under nonthermal technologies: high hydrostatic pressure, pulsed electric fields and thermo-sonication. *International Journal of Food Microbiology*. 2011. Vol. 151. P. 327–337

8. Pina-Pérez, M., Rodrigo, D. & Martínez, A. Non-thermal inactivation of *Cronobacter Sakazakii* in infant formula milk: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2014. Vol. 5. P. 1620–1629.

## WPLYW BIOPALIW NA ZUZYCIE JEDNOSTKOWE PALIWA SILNIKA DIESLA

Wojciech Golimowski<sup>1</sup>,

Filip Sz wajca<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Wrocław University of Economics; Department of Agroengineering and Quality Analysis; 180/120 Komandorska Str.; 53-345 Wrocław*

<sup>2</sup> *Poznan University of Technology; Departament of Civil Engineering and Transport; Plac Marii Skłodowskiej-Curie 5; 60-965 Poznań*

### Wprowadzenie

Silniki spalinowe, nad którymi od dziesięcioleci prowadzi się badania, stanowią główne źródło napędu maszyn i pojazdów mechanicznych [1][2]. Na chwilę obecną powszechność stosowania silników spalinowych jest na tyle duża, że nie ma rozwiązania mogącego je całkowicie zastąpić [3].

Ograniczone złoża paliw kopalnych oraz restrykcje dotyczące emisji gazów wylotowych, wynikających z ich spalania, wymuszają na producentach silników stosowanie nowych technologii poprawiających efektywność procesu spalania paliw i redukujących emisję gazów toksycznych i szkodliwych do atmosfery [4][5][6]. Nad silnikami spalinowymi prowadzone są prace rozwojowe mające na celu wzrost sprawności ogólnej, prowadzący do zmniejszenia jednostkowego zużycia paliwa [7]. Jednak pomimo tego poziom globalne zużycie paliw kopalnych nie ulega redukcji [8]. W transporcie 95% energii pochodzi ze spalania ciekłych paliw kopalnych. Pomimo zmian i tak w 2040 roku prognozuje się użycie paliw ciekłych w transporcie na poziomie 90% [9].

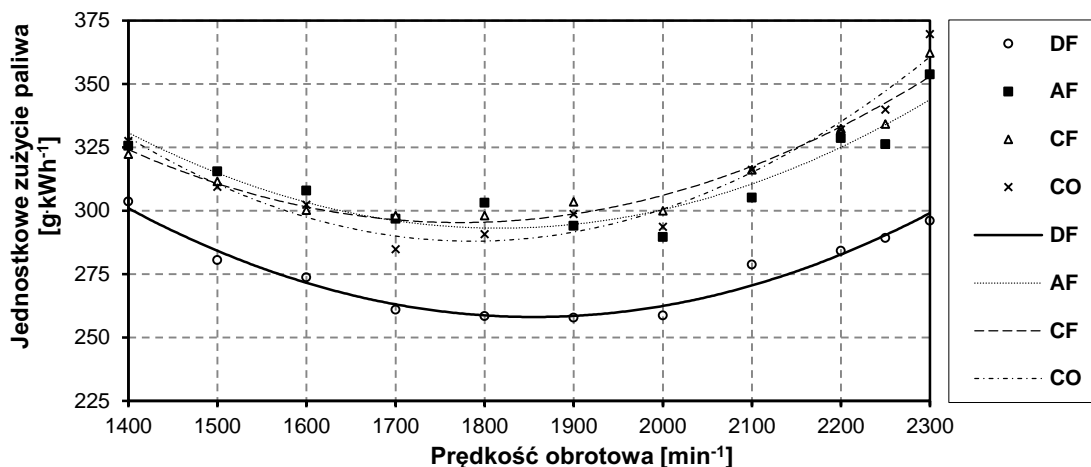
Na całym Świecie wykonuje się badania ukierunkowane na poszukiwanie paliw, stanowiących idealną alternatywę do paliw kopalnych [10][11][12]. Dla silników o zapłonie iskrowym ZI alternatywą stały się alkohole, dla silników o zapłonie samoczynnym ZS tłuszcze i estry metylowe z nich powstające [13][14][15], dla agregatów prądotwórczych wytwórnice biogazu [16]. Obserwuje się coraz częściej zastępowanie paliw ciekłych paliwami gazowymi LPG, CNG i Biogaz [17]. Problem rozwoju biopaliw wynika z dostępności surowca do ich wytwarzania [18][19] oraz samych parametrów paliw, które nie są takie same jak paliwa, do których silniki zostały zaprojektowane [20]. Kolejnym kłopotem jest mniejsza wartość opałowa, wynikająca z obecności tlenu w biopaliwach, które na skutek tego mają krótszy czas przechowywania.

### Metodyka

W artykule przedstawiono wyniki badań porównawczych jednostkowego zużycia paliwa i biopaliw na przykładzie sześciocyndrowego silnika diesla o mocy znamionowej 77 kW, pojemności 6800cm<sup>3</sup>, z pompa sekcyjną, z wtryskiem bezpośrednim bez turbodoładowania. Badany silnik napędzał ciągnik rolniczy. Moc mierzono

przy użyciu hamowni silnikowej, sprzęgniętej z silnikiem poprzez wał odbioru mocy WOM. Badania prowadzono przy pełnym otwarciu urządzeń zasilających przy stałych warunkach otoczenia. Wyniki przedstawiono na rysunku poniżej.

### Omówienie wyników



**Rys. 1. Charakterystyka porównawcza jednostkowego zużycia paliw gdzie:**

DF- olej napędowy; AF – estry metylowe tłuszczu wieprzowego; CF – estry metylowe tłuszczu drobiowego; CO – estry metylowe oleju posmażalniczego

W wyniku przeprowadzonych badań otrzymano charakterystykę zależności jednostkowego zużycia paliwa względem prędkości obrotowej dla maksymalnej nastawy urządzenia dawującego paliwo. Wyniki rejestrowano podczas pracy silnika w zakresie prędkości obrotowej 1400÷2300 obr/min co 100 obr/min. Jednostkowe zużycie paliwa wyznaczono na podstawie mocy generowanej przez silnik oraz godzinowego zużycia paliwa. Otrzymane zależności wskazują na zwiększone jednostkowe zużycie paliwa przy zasilaniu silnika biopaliwami względem oleju napędowego. Pomiędzy rodzajami biopaliw znacznych różnic nie odnotowano. Otrzymana różnica pomiędzy paliwem konwencjonalnym a biopaliwami jest wprost proporcjonalna do wartości opałowych analizowanych paliw. Stosowany olej napędowy charakteryzuje się wartością opałową wynoszącą 42 MJ/kg, biopaliwa natomiast średnio 38 MJ/kg. Różnica w wartości opałowej wynosi 10%. W konsekwencji wykonanie tej samej pracy przez silnik zasilany biopaliwami wiąże się z 10% zwiększeniem jednostkowego zużycia paliwa. W wielu analizach ekonomicznych ta zależność nie jest brana pod uwagę i w efekcie dochodzi do przekłamania zastępując olej napędowy biopaliwami.

### Bibliografia

1. Montanaro, A.; Allocca, L.; De Vita, A.; Ranieri, S.; Duronio, F.; Meccariello, G. Experimental and Numerical Characterization of High-Pressure Methane Jets for Direct Injection in Internal Combustion Engines. *SAE Tech. Pap.* 2020, 1–13, doi:10.4271/2020-01-2124.

2. Brussel A. Encyclopedia of Sustainability Science and Technology; 2012; ISBN 9781441908513.
3. Reitz, R.D.; Ogawa, H.; Payri, R.; Fansler, T.; Kokjohn, S.; Moriyoshi, Y.; Agarwal, A.K.; Arcoumanis, D.; Assanis, D.; Bae, C.; et al. IJER editorial: The future of the internal combustion engine. *Int. J. Engine Res.* 2020, 21, 3–10, doi:10.1177/1468087419877990.
4. Baratta, M.; Rapetto, N.; Spessa, E.; Fuerhapter, A.; Philipp, H. Numerical and experimental analysis of mixture formation and performance in a direct injection CNG engine. *SAE Tech. Pap.* 2012, doi:10.4271/2012-01-0401.
5. Joshi, A. Review of Vehicle Engine Efficiency and Emissions. *SAE Tech. Pap.* 2020, 2020-April, 734–761, doi:10.4271/2020-01-0352.
6. Ritter, M.; Malbec, L.M.; Laget, O. Assessment and Validation of Internal Aerodynamics and Mixture Preparation in Spark-Ignition Engine Using les Approach. *SAE Tech. Pap.* 2020, 1–18, doi:10.4271/2020-01-2009.
7. Takahashi, D.; Nakata, K.; Yoshihara, Y. Engine thermal control for improving the engine thermal efficiency and anti-knocking quality. *SAE Tech. Pap.* 2012, doi:10.4271/2012-01-0377.
8. Arias, L.A.; Rivas, E.; Santamaria, F.; Hernandez, V. A review and analysis of trends related to demand response. *Energies* 2018, 11, 1–24, doi:10.3390/en11071617.
9. Leach, F.; Kalghatgi, G.; Stone, R.; Miles, P. The scope for improving the efficiency and environmental impact of internal combustion engines. *Transp. Eng.* 2020, 1, 100005, doi:10.1016/j.treng.2020.100005.
10. Sharma, S.; Kundu, A.; Basu, S.; Shetti, N.P.; Aminabhavi, T.M. Sustainable environmental management and related biofuel technologies. *J. Environ. Manage.* 2020, 273, 111096, doi:10.1016/j.jenvman.2020.111096.
11. Bhuiya, M.M.K.; Rasul, M.G.; Khan, M.M.K.; Ashwath, N.; Azad, A.K.; Hazrat, M.A. Prospects of 2nd generation biodiesel as a sustainable fuel – Part 2: Properties, performance and emission characteristics. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 55, 1129–1146, doi:10.1016/J.RSER.2015.09.086.
12. Government, T.H.E.; To, R.; First, T.H.E.; From, R.; Of, H.; Committee, L.; Economic, O.N. Impact of n-Butanol on the Performance, Emission, and Combustion Parameters of Diesel Engine Fueled with Blends of Kalonji (*Nigella sativa*) Biodiesel. 2008, 1–37, doi:10.4271/2020-01-5100.Abstract.
13. Golimowski, W.; Pasyniuk, P.; Berger, W.A. Common rail diesel tractor engine performance running on pure plant oil. *Fuel* 2013, 103, 227–231, doi:10.1016/J.FUEL.2012.09.051.



14. Mofijur, M.; Rasul, M.G.; Hyde, J.; Azad, A.K.; Mamat, R.; Bhuiya, M.M.K. Role of biofuel and their binary (diesel-biodiesel) and ternary (ethanol-biodiesel-diesel) blends on internal combustion engines emission reduction. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 53, 265–278.
15. Safieddin Ardebili, S.M.; Khademalrasoul, A. An analysis of liquid-biofuel production potential from agricultural residues and animal fat (case study: Khuzestan Province). *J. Clean. Prod.* 2018, 204, 819–831, doi:10.1016/J.JCLEPRO.2018.09.031.
16. Silva, F.P.; de Souza, S.N.M.; Kitamura, D.S.; Nogueira, C.E.C.; Otto, R.B. Energy efficiency of a micro-generation unit of electricity from biogas of swine manure. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2018, 82, 3900–3906, doi:10.1016/j.rser.2017.10.083.
17. Golimowski, W.; Krzaczek, P.; Marcinkowski, D.; Gracz, W.; Wałowski, G. Impact of Biogas and Waste Fats Methyl Esters on NO, NO<sub>2</sub>, CO, and PM Emission by Dual Fuel Diesel Engine., doi:10.3390/su11061799.
18. Lin, C.Y.; Lu, C. Development perspectives of promising lignocellulose feedstocks for production of advanced generation biofuels: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2021, 136, 110445, doi:10.1016/j.rser.2020.110445.
19. Ganesan, R.; Manigandan, S.; Samuel, M.S.; Shanmuganathan, R.; Brindhadevi, K.; Lan Chi, N.T.; Duc, P.A.; Pugazhendhi, A. A review on prospective production of biofuel from microalgae. *Biotechnol. Reports* 2020, 27, e00509, doi:10.1016/j.btre.2020.e00509.
20. Golimowski, Wojciech, Graczyk-Pawlak, A. INFLUENCE OF ESTERIFICATION OF WASTE FATS PROCESS PARAMETERS ON AGRICULTURAL BIOFUEL PRODUCTION FACILITIES. *Environ. Prot. Eng.* 2011, 37, 55–62.

УДК 631.333.92:631.22.018

**ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ**

Скляр О.Г., к.т.н.,

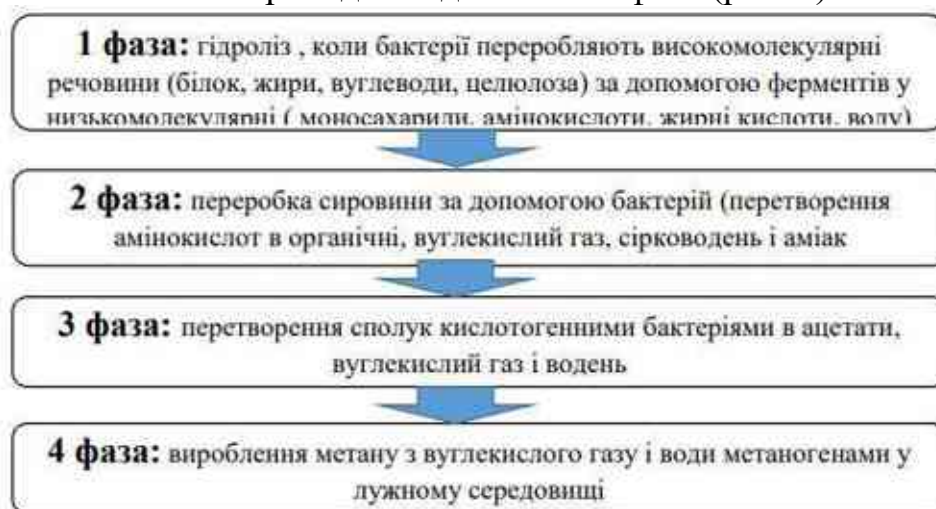
Скляр Р.В., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Енергозабезпечення населення і глобальна екологічна криза змушує країни світу впроваджувати і застосовувати нові альтернативні засоби виробітку енергії. Постає необхідність пошуку інноваційних джерел енергії, які не завдають шкоди довкіллю і мають значний економічний ефект [1-3]. Виробництво біогазу є привабливою альтернативою з точки зору виробітку енергії. Враховуючи майже невичерпні сировинні ресурси все більше уваги держав привертають методи видобування і переробки біогазу [4-6]. До того ж, цей вид палива є багатофункціональним і може застосовуватися у різних сферах. Досить перспективним на сьогодні є використання біомаси для генерації теплової та електроенергії [5,6].

Згідно Закону України «Про альтернативні види палива» біомаса – це «біологічно відновлювальна речовина органічного походження, що зазнає біологічного розкладу (відходи сільського господарства (рослинництва і тваринництва), лісового господарства та технологічно пов'язаних з ним галузей промисловості, а також органічна частина промислових та побутових відходів» [6].

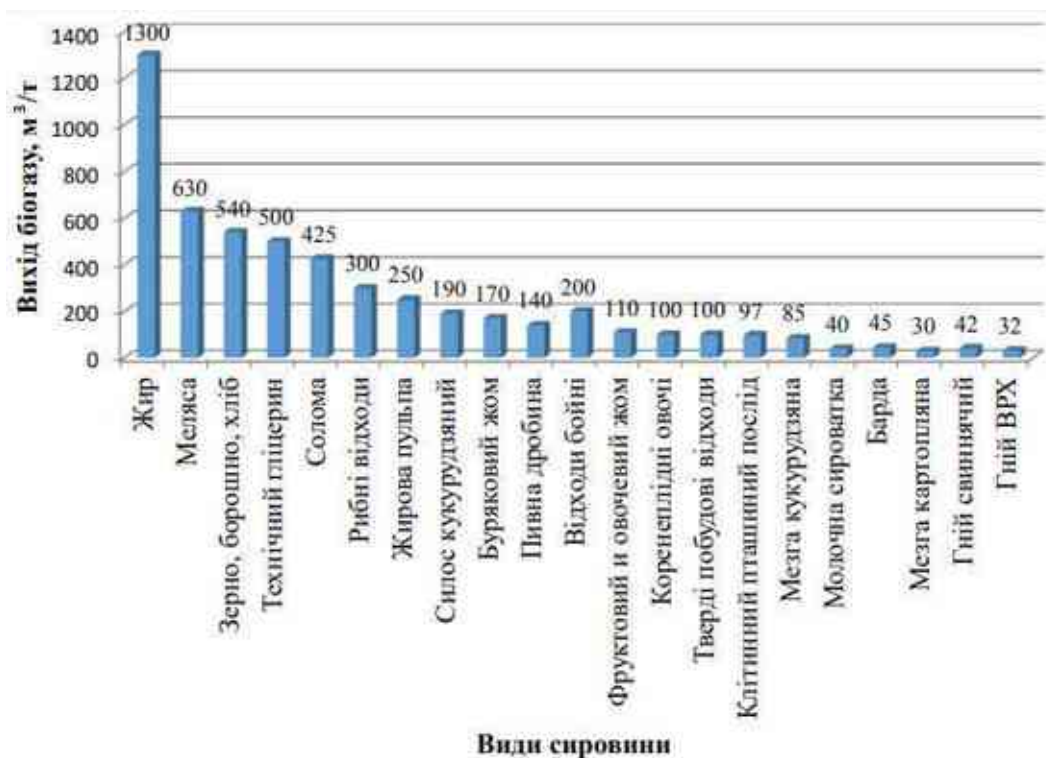
Біогаз – це суміш газів (метану та вуглекислого газу), отримана з біомаси внаслідок анаеробного бродіння в спеціальних реакторах (метантанках), що використовується як паливо [5]. Виробництво біогазу здійснюється за участі трьох видів бактерій: гідролітичних, кислотогенних і метаногенних і проходить одночасно 4 фази (рис. 1).

**Рис. 1. Фази виробництва біогазу**



При застосуванні біогазової установки процес переробки сировини здійснюється впродовж 3-4 тижнів, а при регулярному поповненні біомасою фази проходять паралельно у поточному режимі. Спочатку спостерігається поступове нарощування кількості метану, але у подальшому підтримується постійний рівень газу [6,7]. Біогаз з органічної біомаси (відходи побутові, сільськогосподарського походження чи харчової промисловості) є конкурентоспроможним по відношенню до природного газу за рахунок низької вартості сировини. На прийняття рішення інвестором щодо вибору біогазових установок впливають наступні фактори: вид і властивості сировини, її доступні обсяги і логістика. На рис. 2 показано вихід біогазу при використанні різних видів сировини [8].

При виборі біогазових установок ураховують, що вони можуть працювати на різних видах сировини одночасно і використовувати різні способи її переробки залежно від вологості [7]. Для підвищення ефективності виходу біогазу і скорочення терміну окупності обладнання застосовують спеціальні добавки (ензими).



**Рис. 2. Вихід біогазу з 1 тони сировини**

Переваги і недоліки використання біогазових технологій представлені на рис. 3.

Виробництво електроенергії і тепла із біогазу здійснюється на біогазових електростанціях і електростанціях на біомасі. Обидва види електростанцій працюють на біомасі, різниця полягає лише у характеристиках сировини для біогазу і незначних змінах у технологічному процесі.



**Рис. 3. Переваги і недоліки використання біогазових технологій**

При цьому, завдяки сучасним технологіям біогаз можна виробляти після попередньої підготовки практично з будь-якої органічної сировини [8,9].

Для біогазових електростанцій найбільш ефективними є наступні види сировини: відходи з ферм, сільськогосподарських підприємств (силос, жом, гній, послід тощо), стічних вод, побутові відходи зі сміттєзвалищ і полігонів. Тобто та сировина, для якої характерна ферментація (мікробне розкладання та бродіння за допомогою бактерій) і здатність виділяти біогаз, який на 60-70% складається з метану і на третину із CO<sub>2</sub> [9,10]. Прискорення процесу перетворення і ферментації сировини відбувається за рахунок її підігріву в спеціальних реакторах, подальшого перемішування і акумулювання біогазу в резервуарах перед здійсненням процесу виробництва теплової та електричної енергії

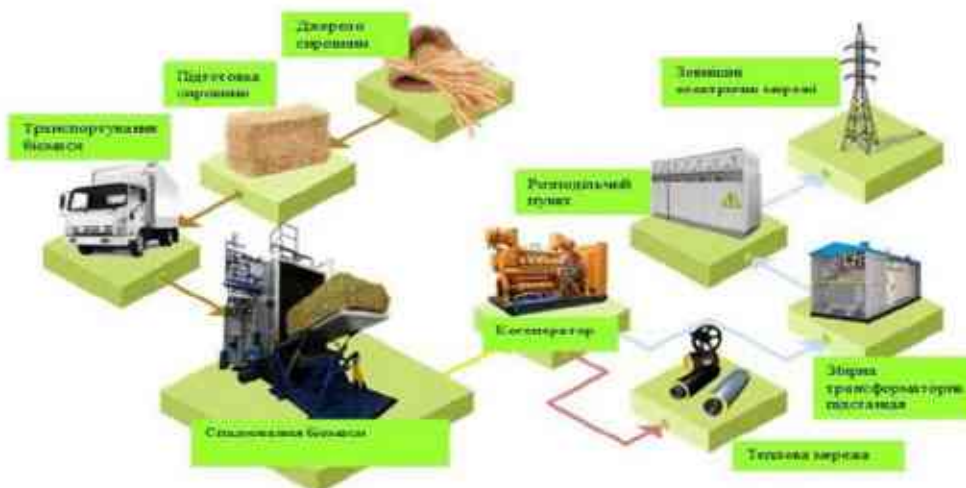
і, якщо треба, біометану після очищення біогазу від вуглекислого газу (рис. 4).



**Рис. 4. Схема роботи біогазової електростанції**

На виході процесу виробництва біогазу може залишатися ферментована сировина (дігестат), яку можна застосовувати як екологічно чисте добриво [8-10].

Електростанції на біомасі зазвичай працюють на відходах деревообробки (брикети, пелети, гілки) та зернових культур (стебла, солом, луска насіння). Але навіть цю сировину можна застосовувати в біогазових реакторах за допомогою спеціальних технологій. Отже, принципова різниця біогазової електростанції від електростанції на біомасі полягає у виробленні побічних продуктів (добрив і біометану) на відміну від останньої, де відбувається повне спалювання сировини для отримання електрики і тепла (рис. 5).



**Рис. 5. Схема роботи електростанції на біомасі**

Біогаз, зібраний з полігонів твердих побутових відходів має високий вміст азоту, кисню, сполук сірки, хлору, силосанів. У склад біогазу із відходів та сировини сільського господарства входить в основному сірководень та аміак. Наявність кисню у біогазі з полігонів ТПВ сприяє корозії і біообростанням у газосховищах, що негативно впливає на подальше транспортування та утилізацію біогазу [11-13].

Тому важливою задачею при виробництві біометану є максимальне скорочення потрапляння кисню у біогаз, що стає можливим завдяки різним способам попередньої очистки і контролю за повітрям у системи очистки біогазу на полігонах ТПВ.

**Список використаних джерел**

1. Войтов В.А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100-109. DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-100-109.

2. Milko D.O., Sclyar O.H., Sclyar R.V., Pedchenko G.P., Zhuravel D.P., Bratishko V.V. Results of the nutritional preservation research of the alfalfa laying on storage with two-phase compaction. INMATEH - Сельскохозяйственное машиностроение. 2020. Vol. 60. No. 1. pp. 269-274. DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-60-30>

3. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

4. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва. Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 298-304.

5. Болтянська Н.І., Скляр О.Г., Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

6. Скляр Р.В. Аналіз роботи біогазових установок. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. Вип. № 10 (109). ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. С. 132-138.

7. Skliar A., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa. Lublin, 2014. Vol.16. No2. b. P.183-188.

8. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродіння. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Харків, 2015. Вип. 156. С. 649-655.

9. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Властивості біодобрив, що отримуються після анаеробної ферментації гною. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 13. Т.3. С.110 -118.

10. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Біотермічна твердофазна ферментація гною. Праці ТДАТА. Мелітополь, 2008. Вип. 8. Т.3. С. 145-150.

11. Скляр О.Г. Напрями використання органічних ресурсів у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С.210-217.

12. Скляр Р.В. Методологія оптимізації ресурсовикористання у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С. 245-251.

13. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.



УДК 578.01+681.7.08

## ВПРОВАДЖЕННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ У ВИРОБНИЦТВО КОРМІВ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА

Дереза С.В., ст. викл,

Болтянська Н.І., к.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Конкурентоспроможність сільськогосподарського виробництва в умовах глобалізації світової економіки можлива тільки за умови швидкого впровадження інноваційних технологій. Це стосується як інтенсифікації процесів виробництва продукції, так і підвищення її якості та безпеки, в тому числі зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Одним з ефективних важелів прискореного вирішення поставлених завдань є використання в практиці сільгоспвиробництва нанотехнологій. Здоров'я людини безпосередньо залежить від якості споживаних продуктів харчування, тому сьогодні, з огляду на те, що навколишнє середовище забруднене промисловими і побутовими відходами, фахівці всерйоз стурбовані безпекою м'яса, молока, яєць, риби. У зв'язку з цим компанія ПРОВІМІ підписала угоду про співпрацю з французькою компанією ОЛМІКС – світовим лідером із застосування в сільському господарстві нанотехнологій і натуральних нанопродуктів [1-3]. З широкого спектра проведених компанією ОЛМІКС робіт особливо слід відзначити дослідження зі створення революційної натуральної наноальтернативи, яка стала популярною під торговою маркою Амадея<sup>©</sup>. Це унікальний наноматеріал, що являє собою минерало-органічний комплекс – інтеркаліровану глину, адсорбційна здатність якої на порядок перевершує всі існуючі аналоги. На основі Амадеїта<sup>©</sup> фахівцями ОЛМІКС створені унікальні препарати, призначені для очищення кормів від мікотоксинів, бактеріальних токсинів і патогенів – МТох+ і поліпшення процесу біокаталізу в травній системі тварин – МFeed [4-6]. Метою співпраці ПРОВІМІ і ОЛМІКС є розробки нових видів добавок, складів і технологій для годування тварин на основі наноматеріалів Амадея<sup>©</sup>. Першим етапом такої співпраці стало проведення випробувань двох вищеназваних препаратів на виробничій базі компанії ПРОВІМІ. Впродовж року компанії планують створити спільне великомасштабне виробництво нанокормів для тварин.

Компанія ОЛМІКС, вірна принципу збереження екологічної чистоти, вже почала у Франції будівництво кількох заводів з переробки відходів тваринництва, рослинництва і морських водоростей в електроенергію і біогаз. Таке ж завдання по утилізації відходів тваринного по-

ходження та перетворенню їх в дешеве джерело енергії стоїть перед виробниками. Керівники проекту сподіваються, що об'єднання закордонного досвіду щодо впровадження сучасних технологій і практичних знань вітчизняних компаній по організації роботи на національному ринку значно прискорить застосування інноваційних технологій ОЛМІКС в практиці сільгоспвиробництва.

Слід зазначити, що ПРОВІМІ – єдина компанія з виробництва кормів, яка інвестує не тільки в будівництво і реконструкцію заводів, але і в розвиток власної науково-дослідної бази. Створені та успішно працюють на базі власних експериментальних птахофабрики і свиноферми наукові центри з птахівництва та свинарства. Тільки в 2018 році витрати компанії на реконструкцію і оснащення сучасним обладнанням наукових центрів, комбикормових заводів, переоснащення лабораторій, на інформаційні технології та програмне забезпечення склали 1885 тис. дол. Власна експериментальна база компанії дозволяє розробляти і апробувати на птахів і свинях нові програми годівлі, спеціальні продукти, включаючи наноматеріали. При розробці наукоємних продуктів залучаються досягнення в області біохімії, фізіології тварин і птиці, нові інгредієнти кормів, враховуються положення навіть такої науки, як епігенетика. Інноваційність політики ПРОВІМІ на ринку – використання останніх досягнень науки і негайне їх впровадження в практику. Компанія не тільки користується вже наявною інформацією із зарубіжних наукових центрів холдингу ПРОВІМІ, а й укладає договори з науковими установами на розробку перспективних напрямків.

#### ***Список використаних джерел***

1. Болтянська Н.І. Зниження енергоємності виробництва продукції тваринництва за рахунок скорочення енергії на кормоприготування. Інженерія природокористування. 2018. №1(9). С. 57–61.

2. Болтянська Н.І. Підвищення довговічності вузлів тертя мобільної сільськогосподарської техніки застосуванням нанотехнологій. Вісник ХНТУСГ. 2012. Вип.128. С. 132-137.

3. Болтянський О.В. Використання нанотехнологій при безрозбірному сервісі автотракторної техніки. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.2. С. 97-102.

4. Болтянський О.В. Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник НУБіП. Серія Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип.212, ч.1. С. 275–283.

5. Скляр Р.В., Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

6. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 631.31

## ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ГРУНТООБРОБНІ ТА ПОСІВНІ МАШИНИ

Савченко В.М.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Міненко С.В.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Веремій Т.Б.<sup>1</sup>, магістрант,  
Якубівський В.О.<sup>1</sup>, магістрант,  
Гончарук В.А.<sup>1</sup>, магістрант,

<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

**Постановка проблеми.** У світі площа земель, які потенційно можуть бути використані для сільськогосподарського виробництва, щороку зменшується на 4...7 мільйонів гектарів. Світ вже втратив 430 мільйонів гектарів орної землі внаслідок техногенної ерозії ґрунту, що становить близько 30% загальної площі земель, які використовуються для сільськогосподарського виробництва.

Враховуючи вище зазначене завданням сільського господарства є обмеження інтенсивного технологічного впливу на ґрунт та рослини, зменшення його негативних наслідків, забезпечення постійного оновлення продуктивності земель, збереження біосфери та підтримка екологічного виробництва. Для сучасного сільського господарства поставлено багато цілей: більш раціонально використовувати матеріальні, енергетичні та трудові ресурси, відповідати суворим екологічним вимогам, вирощувати здорову та дешеву сільськогосподарську продукцію. Однак головна мета це підтримка родючості ґрунту (не виснажувати ґрунт, зупинити втрату гумусу та деградацію ґрунту, зменшувати вимивання поживних речовин та забруднення стоків ґрунтовими частинками, захищати ґрунт від ерозії та структурної деградації, сприяти природним біологічним процесам, краще збалансувати органічний обмін на полях, покращувати аерацію та зрошення орних шарів).

**Основні матеріали дослідження.** Традиційне землеробство неможливо уявити без плуга. Глибока оранка – це найбільш трудомісткий та неефективний процес, на який припадає близько 40% і більше загальних витрат на обробіток ґрунту. В умовах сучасного економічного клімату, коли паливо та добрива подорожчали важливо вибирати сільськогосподарські системи, що економлять затрати праці та енергії, захищають ґрунт, навколишнє середовище та відповідають біологічним вимогам рослин.

Експериментальні дослідження показали, що під час обробітку ґрунту утворюється велика кількість вуглекислого газу в результаті спалювання дизельного палива. За підрахунками, використання традиційних технологій обробітку ґрунту споживає близько 45 л/га пального.



У країнах Європейського Союзу в атмосферу від традиційного обробітку ґрунту викидається 11,8 мільйона тонн CO<sub>2</sub> на рік. Зменшивши інтенсивність обробітку ґрунту та замінивши традиційний обробіток ґрунту на прямий посів, принаймні на 40% загальної площі, викиди в атмосферу CO<sub>2</sub> зменшилися б на 4 мільйони тонн.

Перші реальні спроби спростити обробіток ґрунту та застосувати його на землях культурного сільського господарства почалися приблизно в 1940 році, коли був синтезований гербіцид 2,4-D. Згодом поява у світі гербіцидів Атразіно та Паракват викликало інтерес до безполицевого обробітку ґрунту.

На початку 1970-х років, під час світової енергетичної кризи, з'явилися нові ефективні гербіциди та нові засоби обробітку ґрунту, які почали замінювати оранку.

Альтернативні методи обробітку ґрунту набули поширення у всьому світі, особливо там де спостерігається водна та вітрова ерозія ґрунту

З метою зменшення викидів CO<sub>2</sub> та включення атмосферного вуглецю в ґрунт, мінімальний обробіток ґрунту та прямий посів в необроблений ґрунт вважаються одним із найперспективніших методів обробітку ґрунту.

Причини зменшення інтенсивності обробітку ґрунту подібні у всьому світі. Їх можна поділити на:

1. Екологічні – для зменшення ерозії та ущільнення ґрунту, викидів CO<sub>2</sub> тощо;
2. Економічний – для економії пального, машин та часу на обробіток ґрунту.

Дослідники з Англії в експериментальних дослідженнях виявили, що за допомогою класичної системи обробітку ґрунту, заснованої на глибокому обробітку ґрунту, витрати енергії становлять від 200 до 360 МДж/га, а використання системи мінімального обробітку ґрунту знижує витрати енергії до 100...230 МДж/га, а при прямому посіві в необроблений ґрунт споживання енергії становить лише 35...80 МДж/га. Затрати енергії на обробіток ґрунту різними машинами представлено в табл. 1.

Таблиця 1

#### Затрати енергії на різні способи обробітку ґрунту

Обробіток ґрунту	Затрати енергії, МДж/га
Оранка	166
Обробіток важкою бороною	93
Обробіток важким культиватором	93
Прямий посів	53

Енергоспоживання сільськогосподарської техніки, що використовується в сільському господарстві, залежить від її ціни, продуктивності та річного навантаження і становить близько 28...52% загального енергоспоживання. Грунтообробні машини для мінімального обробітку можуть зменшити споживання енергії до 40%, але інвестиційні витрати на машини дещо зростають порівняно з традиційними грунтообробними машинами.

Теоретичний аналіз використання грунтообробних машин в Україні показав, що мінімальний обробіток ґрунту може заощадити 12...27 кг/га палива (на 22...23%), зменшити викиди вуглецю, мінімізувати негативний вплив на ґрунт, збільшити продуктивність праці (на 16...22%), а також на 14...26% зменшити витрати на обробіток ґрунту. Під час оранки використання плуга з оптимальною шириною захвату дозволяє досягти найкращої якості оранки, зменшити витрати енергії на 12...20%, а також витрату палива і одночасно збільшити ефективність агрегату.

Приймаючи нові технології обробітку ґрунту, нам слід починати з того, що вже використовується в передових країнах Європейського Союзу. Колеса шасі слід подвоїти або використовувати гусеничне шасі, щоб зменшити ущільнення ґрунту. Для захисту природи боротьбу з бур'янами слід проводити за допомогою «бритвенних» культиваторів, борін чи інших механічних засобів. Використовувати пестициди лише тоді, коли цього неможливо уникнути відповідно до екологічних вимог. Здійснювати державний контроль за технічним станом обприскувачів пестицидів. Не спалювати соломку, а використовувати її для палива, захисту ґрунту та добрив. Потрібно навчитися гнучко пристосовуватися до ґрунтово-кліматичного різноманіття, уникати застарілих технологічних моделей.

Гусеничний трактор ущільнює ґрунт на 15..20% менше ніж колісні трактори. Дослідження показали, що при буксируванні коліс і обробітку ґрунту колісним трактором, після 1000 мотоциклів, буксирування колеса призводить до втрати 100 робочих годин, протягом яких двигун використовував паливо, виділявся вуглекислий газ і не виконувалася корисна робота.

**Висновки.** Зниження витрат на обробіток ґрунту є постійною проблемою, яку можна подолати послідовно шукаючи шляхи зменшення побічних ефектів на ґрунт, навколишнє середовище та зменшення використання енергії під час обробітку ґрунту. Зменшуючи обробіток ґрунту, тобто змішування шарів ґрунту зменшуються викиди CO<sub>2</sub> з ґрунту. Завдяки меншій кількості технологічних операцій та руху машин викиди CO<sub>2</sub> від тракторів значно зменшуються. Нові, енергозберігаючі та більш екологічні технології обробітку ґрунту та сівби можуть внести значний внесок у зменшення парникового ефекту згідно Кіотського протоколу.

---

**УДК 578.01+681.7.08+535.3+681.335.2****NANOTECHNOLOGY – A PERSPECTIVE FOR AGRICULTURE**Boltianska N.<sup>1</sup>, к.т.н.,Zabolotko O.<sup>2</sup>, к.т.н.,<sup>1</sup>*Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university, Melitopol, Ukraine*<sup>2</sup>*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine*

The competitiveness of agricultural production in the context of globalization of the world economy is possible only with the rapid introduction of innovative technologies. This applies both to the intensification of production processes and to improving its quality and safety, including reducing the negative impact on the environment [1-3].

Nanotechnology promises great potential for application in the development of new materials, biotechnology, microelectronics, energy and armaments [4].

Biological nanochips will help to diagnose somatic and infectious diseases, including species identification of pathogens of especially dangerous infections and toxins, materials with silver nanoparticles with antibacterial properties have been obtained. They are used in medicine to combat staphylococci and other bacteria in the form of paints, chlorine-free disinfectants, dressings, varnish for covering catheters, etc. Such materials are used in agriculture, for example in milking machines, to solve the problem of filter pollution in any air conditioners.

The directions of using nanotechnology in agriculture are associated with the reproduction of agricultural species, the processing of the final product and the improvement of its quality. Nanotechnology is already used to disinfect air and various materials, including feed and end products of animal husbandry; processing of seeds and crops in order to preserve it. They are used to stimulate plant growth; treating animals; improving the quality of feed. There is experience in the implementation of these technologies to reduce the energy intensity of production, optimize raw materials processing methods and increase the yield of final products; development of new packaging materials that allow the end product to be preserved for a long time [5,6].

Most of these are related to the food industry, using nanomaterials to package food or to identify and, in some cases, neutralize dangerous toxins, allergens or pathogens. Projects are being developed to create and improve food additives, to obtain vegetable oil with nano-additives that prevent the entry of cholesterol into the blood of mammals.

Others are aimed at developing more efficient and environmentally friendly agricultural technologies. For example, the use of nanomaterials for water purification in agroecosystems. Or their use for processing plant waste into ethanol. In animal husbandry, methods of using nano-additives are being developed in order to reduce the doses of growth factors and hormones, and neutralize pathogens at the early stages of their contact with animals.

Great hopes in the application of nanotechnology are also found in the agro-industrial complex. An increase in the production and quality of processing of agricultural raw materials, an increase in the service life of special equipment, an increase in the shelf life, obtaining high-quality food products and feed – all these tasks of agribusiness can be solved by nanotechnology [7-9].

#### **The use of nanotechnology in vegetable growing.**

Monitoring of the developed nanotechnological processes and nanomaterials confirms that the use of nanopreparations in crop production provides an increase in resistance to adverse weather conditions and an increase in the yield of finished products. For almost all industrial and food crops – potatoes, cereals, vegetables, fruits and berries, cotton and flax, the yield indicators increased by 1.5–2 times. Nanotechnologies are already being actively implemented in post-harvest processing of sunflower, tobacco and potatoes, storage of apples in controlled environments, ozonation of the air.

In the light of the latest discoveries of nanotechnology, the biological role of silicon in living organisms has been studied and the biological activity of organic silicon compounds – silatranes – has been studied. Silatranes, which are cellular formations and contain silicon, have a physiological effect on living organisms at all stages of evolutionary development from microorganisms to humans. The use of organosilicon biostimulants in plant growing makes it possible to increase cold resistance, endurance to heat and drought, helps to safely get out of stressful weather situations (recurrent frosts, sudden temperature changes, etc.), enhances the protective functions of plants against diseases and pests. The preparations remove the depressing, sedative effect of chemical reagents for plant protection during complex treatments. The ultramodern direction of nanobiotechnology (nanotechnology in biology) in crop production is the creation of cultivated plants, especially resistant to insect pests [10].

#### ***Nanotechnology in animal husbandry.***

In animal husbandry, it is advisable to use nanotechnology in technological processes, where they provide an auxiliary superiority. When forming a microclimate in rooms where animals and birds are kept, their use makes it possible to replace the energy-intensive supply and exhaust ventilation system with electrochemical air purification while ensuring the regulatory parameters of the microclimate: temperature, humidity, gas composition, microbial content, dustiness, air velocity, elimination of odors while maintaining heat release from animals. Russian scientists apply in practice

environmentally friendly nanotechnology of electroconservation of silage mass of green fodder with an electroactivated preservative. This is done to replace expensive organic acids that require strict safety measures. This new nanotechnology improves feed safety by up to 95%. In livestock and poultry farming, nanotechnology provides an increase in productivity by 1,5–3 times, resistance to stress, and mortality is reduced by 2 times in the preparation of feed. Nanodevices, which can be implanted into plants and animals, allow automating many processes and transmitting the necessary data in real time.

***Nanotechnology in the processing of agricultural products.***

The new nanoelectric technology for combined grain drying is based on the fact that an excess moisture pressure is created in the heated grain at a temperature below the boiling point of water. As a result, the filtration transfer of moisture from the caryopsis to the surface in a droplet-liquid state is accelerated. From the surface, moisture is evaporated by hot air. Energy consumption for drying grain in comparison with traditional convection is reduced by 1,3 times or more, micro-damage to seeds is reduced to 6%, their sowing quality is improved by 5%. For low-temperature additional drying and disinfection of grain, ozone was additionally used, which reduced the number of bacteria by 24 times and reduced energy consumption by 1,5 times.

With regard to the agro-industrial complex, the introduction of nanotechnology promises an increase in the volume of agricultural products and an improvement in their quality. Nanotechnology can be applied in various branches of the agro-industrial complex: crop production, veterinary medicine, animal husbandry, processing of animal waste products and agricultural waste, processing, storage, packaging of agricultural products.

For example, currently in animal husbandry, silver nanoparticles are successfully used in filters and other parts of equipment for the dairy industry to inhibit fermentation and souring of milk. Nanoparticles of iron and other microelements are included in premixes to increase the viability of animals and their productivity. Nanotechnology is applied in food packaging and storage.

With the help of silver nanoparticles, which have an active antimicrobial effect, various types of products can be effectively disinfected. DNA technologies are actively used today, which make it possible to identify genes associated with economically valuable traits, resistance to stress, infectious diseases, as well as genes that carry recessive mutations – genetic anomalies. In general, all molecular biology can be called nanotechnology.

Abroad, the nanoindustry is developing rapidly. For example, since the end of the 90s of the last century, the analysis of the breeding value of animals in the USA, Canada, and the countries of the European Union has been carried out using molecular biology. According to the agency "Ciantifa", recorded 150 cases of the use of nanotechnology in the food industry around the



world. Another analytical agency, Helmut Kaiser, predicts that the contribution of nanotechnology to food production in the US by 2020 will amount to about \$20 billion. For example, the US government is investing up to \$1.2 billion in a program to introduce nanotechnology into agriculture. Ukrainian scientists have already made a great contribution to the development of nanotechnology. We have very serious developments, not only in the agricultural sector, but also in other sectors of the economy.

### *References*

1. Skliar A., Boltyanskyi B. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249–258.
2. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. *Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production»*. 2019. Uman. 18–20.
3. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. *Coll. scientific-works of Intern. Research Practice Conf. «Topical issues of development of agrarian science in Ukraine»*. Nizhin, 2019. Pp. 84–91.
4. Sklar O. G. *Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook*. Condor Publishing House. 2018. 380 p.
5. Болтянська Н.І. Зниження енергоємності виробництва продукції тваринництва за рахунок скорочення енергії на кормоприготування. *Інженерія природокористування*. 2018. №1(9). С. 57–61.
6. Sklar O. *Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual*. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.
7. Boltyanskaya N. I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. *Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko*. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81–89.
8. Boltyanskaya N. I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. *Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition*. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55–64.
9. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. *Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522*.
10. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. *Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158*.



УДК 631.333

**ЗНОШУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**

Грабар І.Г.<sup>1</sup>, д.т.н.,  
 Зембицький В.В.<sup>1</sup>, магістрант,  
 Сичевський В.М.<sup>1</sup>, магістрант,  
 Швагро М.В.<sup>1</sup>, магістрант,  
 Курис І.М.<sup>1</sup>, магістрант,

<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

**Постановка проблеми.** В процесі експлуатації робочі органи та деталі сільськогосподарських машин піддаються інтенсивному абразивному, гідроабразивному, втомлювальному, адгезійному та іншим видам зношування. Наявність агресивних середовищ, з якими взаємодіють деталі та робочі органи сільськогосподарських машин, призводить до інтенсифікації процесу зношування. Саме тому дослідження стійкості до зношування деталей та робочих органів машин, які працюють в корозійно-активних середовищах є беззаперечно актуальною задачею.

**Основні матеріали дослідження.** В процесі роботи сільськогосподарських машин обов'язково присутні технологічні паузи під час яких, в разі взаємодії з агресивним середовищем, інтенсивно відбуваються корозійні процеси на поверхні тертя. Саме тому дослідження матеріалів на зносостійкість необхідно проводити з періодичними зупинками.

Експериментальні дослідження показали, що в умовах Житомирської області середнє значення безперервної роботи машини для внесення мінеральних добрив складає 4,7 хв., з подальшою технологічною паузою 1,7 хв. При проведенні дослідження такий режим був прийнятий за основу.

Для визначення впливу мінеральних добрив на абразивну зносостійкість були проведені дослідження за удосконаленим методом «крильчати». Зразки були виготовлені зі сталі 45, сталі 45Х2НФБА та сталі 110Г13Л розміром 50×50×6 мм. Хімічний склад сталей, які використовувались під час дослідження представлено в табл. 1.

Таблиця 1

**Хімічний склад дослідних сталей**

Сталь	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	V	Cu
45Х2НФБА	0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	1,3-1,8	до 0,025	до 0,025	0,8-1,1	0,2-0,3	0,1-0,18	до 0,3
110Г13Л	0,9-1,4	0,8-1,0	11,5-15	до 1,0	до 0,05	до 0,12	до 1,0	-	-	до 0,3
45	0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	-	до 0,04	до 0,035	до 0,25	-	-	-

Швидкість обертання дослідних зразків в масі мінеральних добрив складала 1,7 м/с, кут нахилу зразка складав  $28^\circ$ . Заміну добрив виконували кожні 60 хв. Знос визначали ваговим методом.

Результати досліджень зношувальної здатності мінеральних добрив представлено в табл. 2.

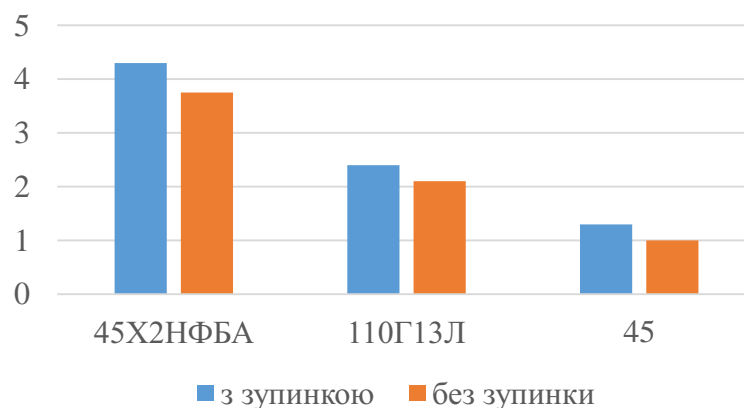
Таблиця 2

### Відносна зношувальна здатність мінеральних добрив

Добрива	Сталь 45		Сталь 45Х2НФБА		Сталь Г13Л	
	з зупинкою	без зупинки	з зупинкою	без зупинки	з зупинкою	без зупинки
Кальцеєвидна селітра	1,2	<b>1,0</b>	1,1	<b>1,0</b>	1,2	<b>1,0</b>
Натрієва селітра	1,7	1,4	1,4	1,2	1,6	1,5
Сульфат амонія	2,4	1,8	1,9	1,6	2,1	1,9
Хлористий амоній	6,5	4,9	2,5	2,2	4,4	3,8

Найбільшою зношувальною здатністю володіє хлористий амоній ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), а найменшою кальцеєвидна селітра ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Як видно з табл. 1 зношувальна здатність мінеральних добрив значно вища при наявності зупинки, що можна пояснити активною хімічною дією мінеральних добрив на поверхню сталі в період проведення технологічної зупинки. На перше місце при виборі матеріалів деталей машин, які будуть взаємодіяти з мінеральними добривами є утворення вторинних структур на поверхні здатних до пасифікації поверхні

Найвищою стійкістю до зношування в середовищі мінеральних добрив володіла сталь 45Х2НФБА (рис. 1).



**Рис. 1. Відносна стійкість сталей до зношування в середовищі мінеральних добрив**

**Висновки.** Для забезпечення надійної роботи розкидачів мінеральних добрив їх робочі органи слід виготовляти зі сталей, які здатні утворювати вторинні структури на поверхні тертя здатні до запобігання інтенсифікації зношування в корозійно-активних середовищах

УДК. 631.674

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПОЛИВУ ТА РЕЖИМІВ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ В УМОВАХ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ

Мітков В.Б., к.т.н.,

Шиленко А.С., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми.** Останнім часом людство починає усвідомлювати негативні наслідки свого впливу на біосферу. Створені людиною технології та техніка стали потужні ніж сили природи. Необдумане їх застосування може призвести до небезпечних для життя людства змін всієї біосфери в цілому [1].

Вчені і передові мислителі попереджають людство про можливості настання глобальної екологічної кризи. В зв'язку з цим виникла необхідність вирішення безпрецедентною завдання для людства - виживання людського роду [1].

Одним з компромісний варіант оптимізації технології є вирощування с.г. культур в закритому ґрунті. Саме в закритому ґрунті, використовуючи сучасні системи зрошення, можна створити оптимальні умови для продуктивного вирощування з мінімальним впливом на навколишнє середовище. Овочівництво в захищеному ґрунті - одна з найбільш дохідних галузей сільського господарства. Крапельне зрошення культури яка зрізується у теплицях хоч і є на сьогоднішній день кращим способом поливу, однак потребує підвищення надійності та якості основних конструктивних елементів системи і насамперед крапельниць, а також у вдосконаленні технології поливу, в тому числі і розробці режимів зрошення.

У теплицях, у зв'язку з їх ізольованістю від зовнішнього середовища, єдиним джерелом водопостачання рослин являється зрошування. У нинішній час у відкритому ґрунті і в теплицях при вирощуванні сільськогосподарських культур, застосовують гідропоніку, поверхневі способи полива, дощування, внутрішньо ґрунтове і краплинне зрошування [2].

Головними перевагами краплинного зрошування перед іншими способами поливу є його висока ефективність з підвищенням врожайності сільськогосподарських культур, раціональним використанням водних, енергетичних, трудових ресурсів, можливістю повної автоматизації поливу і дотримання вимог охорони природи.

**Аналіз останніх досліджень.** У основу роботи був покладений цілеспрямований пошук недостатньо вивчених питань з проблеми краплинного зрошування овочів в захищеному ґрунті. Пошук проводили,

вивчаючи вітчизняні і зарубіжні джерела наукової літератури, що відбивають різні аспекти проблеми краплинного зрошення овочів в теплиці. З метою конструктивного і технологічного вивчення і вдосконалення систем краплинного зрошення був проведений пошук по провідних країнах світу. Але де які вчені говорять, що вирощування в закритому ґрунті, це протиріччя з біосферними процесами вирощування с.г. культур [3].

У теплицях техніка крапельного зрошення дещо відрізняється від відкритого ґрунту. Це обумовлено тим, що в теплицях використовують спеціально підготовлені ґрунти, збагачені органічною речовиною, які відрізняються водно-фізичними властивостями від регіональних ґрунтів [3]. У теплицях культивують овочі, квіти, багаторічні декоративні цитрусові культури з більш ущільненою посадкою і значно меншою площею живлення рослин [4].

Розробкою елементів техніки крапельного зрошення займалися О.Н. Карпенко, В.А. Межевікіна, І.І. Саїдов, Ю.Г. Шейнкін, О.Е. Ясоніди та ін. Дослідженнями крапельного зрошення овочів були порушені питання, що стосуються впливу витрати крапельниць і величин поливних норм на глибину вимочування тепличних ґрунтів та інших параметрів контурів зволоження, змін їх вмісту вологи в часі, розстановки крапельниць на поливному трубопроводі [5].

**Метою** є удосконалення техніки поливу і режимів краплинного зрошення овочів в закритому ґрунті.

**Основні матеріали.** До елементів техніки крапельного зрошення відносять параметри контуру смуги зволоження, їх діаметр і ширину, глибину, горизонтальну і вертикальну площі, обсяг, вологонасичення, елементарну поливну норму, тривалість її видачі, витрата крапельниць, їх кількість у вогнищі і на одиниці довжини смуги зволоження.

При дослідженні техніки краплинного зрошення нами було вивчено вплив одиничної поливної норми  $\bar{t}$ , часу її видачі  $t$  і витрати крапельниць  $q$  на параметри контурів локального крапельного зволоження тепличних ґрунтів. Досліди проводилися на світло-каштанових ґрунтах, які використовувалися в теплиці приватного підприємства по вирощуванню овочів з додаванням в орний горизонт 20 % перегною, що містить 0,81 % N, 0,52 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і 0,68 % K<sub>2</sub>O. Щільність ґрунтів в межах приготованого 0-30 см тепличного ґрунтово-перегнійного ґрунту і підстилаючої ґрунту змінюється від 0,8 до 1,2 т/м<sup>3</sup>, найменша вологосмістність в метровому шарі ґрунту змінюється від 31,36 до 24,17 % від ваги абсолютно сухого ґрунту [6].

Досліди з вивчення контурів зволоження проводили в теплиці, на майданчиках вільних від рослин. Регульована крапельниця КУ-2, встановлювалася на поліетиленовій трубці, при цьому використовувався регулятор рівня і витрат. Контури зволоження вивчалися при видачі в точку на поверхню ґрунту одиничної поливної норми 2, 4, 6, 18 і 30 л.

Подачу води здійснювали крапельницями КУ- 2, відрегульованими на витрату 2, 4, 6 л/год.

При вивченні контурів зволоження встановлено, що витрати крапельниць  $q$  від 2 до 6 л/год, знаходяться в межах всмоктуючої здатності тепличних ґрунтів і не роблять істотного впливу на форму і параметри контурів зволоження, а лише змінюють час видачі одиничної поливної норми. Величина одиничної поливної норми  $m = 2$  л забезпечує формування контурів зволоження у вигляді півсфери з глибиною вимочування 0,34-0,37 м і радіусом 32-33 см. Це свідчить про те, що при формуванні контурів зволоження, в даному випадку, переважають сили капілярного руху рідини в пористому ненасиченої середовищі і градієнтів вологості.

При величині одиничної поливної норми 4,6 л на тепличних ґрунтах контури зволоження мають вигляд напівеліпса, а глибина вимочування  $H$  становить 0,65-0,66 м, що в 1,53-1,58 рази більше найбільшого горизонтального радіуса, який змінюється від 0,41 до 0,43 м. Із збільшенням одиничної поливної норми з 6 л до 18 л і 30 л глибина вимочування збільшується на 39,4 %, а найбільший радіус (діаметр) зволоження лише на 22 %, т. е. в цьому випадку вже переважають гравітаційні сили, що діють при насиченні ґрунтів вологою. Вплив спільного впливу капілярних і гравітаційних сил спостерігається і при горизонтальному русі рідини в насиченою вологою пористої середовищі. Найбільший радіус контуру зволоження в напрямку ухилу місцевості ( $i = 0,0003$ ) в наших дослідках був завжди більше на 8-12 см або 20-27%, ніж у протилежний бік. При цьому величина одиничної поливної норми  $m = 2-30$  л і витрата крапельниць  $q = 2-6$  л/год не зробили істотного впливу на ці процеси. Вплив ухилу місцевості на процеси капілярного розтікання рідин у ґрунтах необхідно враховувати при розстановці крапельниць у рослин при краплинному зрошенні, особливо на крутих схилах.

В основу розрахунку елементів техніки крапельного зрошення у закритому ґрунті покладені параметри контурів зволоження, утворені при видачі одиничної поливної норми 6 л і витраті крапельниць 4-6 л/год. У діапазоні 4-6 л/год стійко працюють вітчизняні крапельниці, використані в дослідках: Молдавія 1 - А, КСС-2, КС-ОН і КУ-2. Якщо інші вітчизняні та зарубіжні крапельниці відповідають по витратно-напірним характеристикам зазначеним вище мікродоводовипускам, то їх також можна використовувати при краплинному зрошенні у теплицях.

При смуговій посадці овочів за схемою 0,50x0,30x0,25 м в прольоті шириною 6,4 м поміщається 8 спарених рядів. У кожному спареному ряду посаджено 328 шт. культури, які поливаються 82 крапельницями, встановленими на поливному трубопроводі довжиною 41 м через 0,50 м. При видачі одиничної поливної норми 6 л діаметр контуру зволоження становить 0,82-0,86 м. Контури зволоження зникаються і утво-



рюють смугу зволоження шириною 0-0,70 м в здвоєному ряду шириною 0,80 м. Зволожувана частина площі живлення  $K_k$  за такої схеми посадки і техніки крапельного зрошення дорівнює 0,90 м. Глибина контурів зволоження 0,65-0,66 м знаходиться в межах розповсюдження основної маси коренів овочів в тепличних ґрунтах. Обсяг контуру зволоження дорівнює 0,23-0,26 м<sup>3</sup>, при передполивній вологості ґрунту близько 80 % НВ. Після поливу одиничною поливною нормою  $m = \text{бл}$  середня вологість всередині контуру зволоження досягає оптимального верхньої межі 95 % НВ.

**Висновок.** Таким чином використовуючи контури зволоження і елементи техніки поливу можна чітко спроектувати краплинне зрошення овочів в закритому ґрунті. Результати дослідів з вивчення контурів зволоження і елементів техніки поливу дозволили визначити середню витрату крапельниць  $q$ , кількість крапельниць на погонний метр смуги зволоження  $n$ , час видачі поливної норми  $t$ , глибину контуру (осередку) зволоження  $H$ , верхній і нижній межі середньої вологості ґрунту в обсязі контуру зволоження  $K_k$  і  $V_v$  зволоженої частини площі живлення (посадкової площі)  $K_k$  та інші показники. Всі ці показники можуть бути використані при проектуванні систем і режимів краплинного зрошення овочів в умовах закритого ґрунту.

#### *Список використаних джерел*

1. Кушнарєв А.С. Черная Т.С. Энергетическая концепция развития систем технологий в земледелии. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, 2016. Вип. 6. Т. 3. С. 41-71.
2. Григоров М.С., Попов Р.Ю. Капельное орошение. Актуальные вопросы мелиорации и использования природных и техногенных ландшафтов. Новочерк. гос. мелиор. акад. Новочеркасск, 1998. С.48-49.
3. Мітков В.Б., Лиса Ю.Ю. Удосконалення техніки поливу і режимів краплинного зрошення троянд у теплицях. Збірник наукових праць магістрантів та студентів Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2015. Вип. 15. Т 1. С. 167-172.
4. Карпенко О.Н. Капельное орошение роз в теплице. Защитное лесоразведение на Северном Кавказе. Труды НИМИ. Новочеркасск, 1989. С. 98-103.
5. Карпенко О.Н. Капельное орошение и агротехника возделывания роз в теплице. Проблемы агротехники и мелиорации / Труды ЦКР-НИИГиМ. Днепропетровск, 1989. С. 71.
6. Ясониди О.Е. Водоснабжение при орошении. Монография. Новочеркасская государственная мелиоративная академия. Новочеркасск УЦП "Набла" ЮРГТУ (НПИ), 2004. 473 с.



УДК 631.333.92:631.22.018

## АНАЕРОБНА УТИЛІЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ В БІОГАЗОВИХ УСТАНОВКАХ

Скляр Р.В., к.т.н.

Курашкін О.С., студент

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Раціональне використання відходів сільськогосподарського виробництва – велика і важлива проблема сучасності. Вона пов'язана з одного боку з можливістю використання величезного енергетичного потенціалу біомаси для отримання рідкого і газоподібного палива (біогазу), з іншого – з необхідністю запобігти забрудненню водоймищ, зараженню ґрунту хвороботворними бактеріями і гельмінтами, що містяться в гнойових стоках тваринницьких ферм [1,2].

Останній час характеризується високими темпами зростання продуктивних сил в більшості країн світу], що призвело до різкого збільшення споживання всіх видів енергії, особливо укладеної в викопному паливі – вугіллі, нафті та природному газі. Внаслідок цього в багатьох країнах склалася ситуація енергетичної кризи. Це посилило прагнення поставити на службу людині так звані нетрадиційні джерела енергії – сонячну, вітрову, геотермальну.

Хоча сонячна енергія є практично невичерпне джерело та могла б задовольнити енергетичні потреби всього людства на багато століть, її безпосереднє застосування пов'язано з великими труднощами. Інший шлях сьогодні більш перспективний – використовувати сонячну енергію, накопичену в біомасі в результаті фотосинтезної діяльності рослин, для отримання рідкого і газоподібного палива. Цьому шляху приділяють зараз велику увагу в промисловості [1–3]. Найбільш поширений спосіб отримання енергії з біомаси – анаеробне (без доступу кисню) зброджування відходів сільськогосподарського виробництва [4,5]. В результаті цього процесу продукти, що отримуються, – це біогаз і зброджена напіврідка маса – представляють собою велику цінність як газоподібне паливо і органічне добриво [5,6].

Не менш важлива сторона застосування біогазових установок – запобігання забрудненню повітряного і водного басейнів, ґрунту і посівів завдяки утилізації та дезодорації гнойових стоків великих тваринницьких ферм і комплексів, отримання стерильних вискоєфективних органічних добрив. Все це пояснює великий інтерес, що проявляється наукою до проблем метанового зброджування гнойових стоків та інших органічних відходів.

Найбільш перспективними для практичного використання визнані наступні види відходів [7,8]:

- органічні відходи промисловості, в тому числі лісової, деревообробної, гідролізної, целюлозно-паперової, харчової;
- осади стічних вод;
- відходи комунального виробництва (ТПВ і рідкі);
- відходи тваринницьких і птахівничих ферм (відходи сільськогосподарського виробництва).

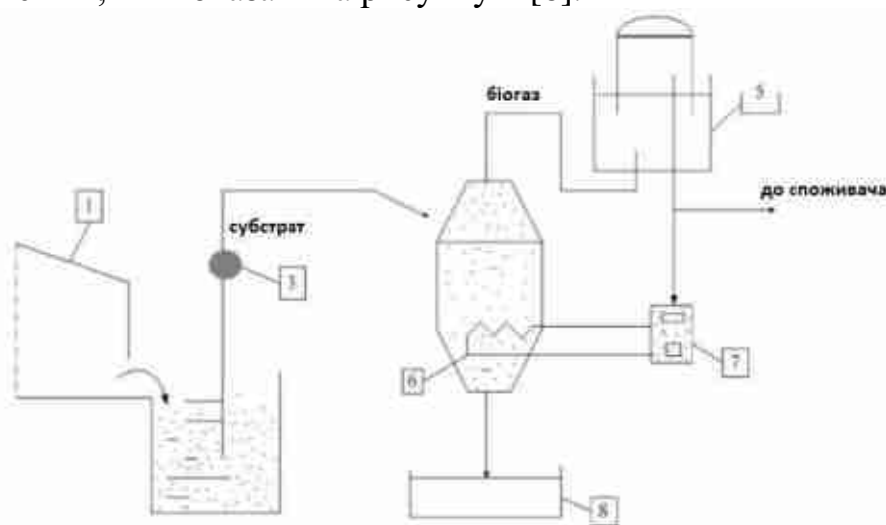
Найбільша частка біогазу надходить від переробки відходів тваринницьких і птахівницьких ферм і комплексів.

До органічних залишків і відходів сільськогосподарського виробництва відносяться головним чином екскременти тварин і рослинні матеріали, особливо солома, а також бурякове і картопляне бадилля. Ці матеріали володіють енергетичним потенціалом, який може бути використаний різними способами. Один з них – виробництво біогазу шляхом анаеробного збродження [5,6].

Багаторічні накопичення посліду на територіях ферм призводять до утворення «послідних озер» без ознак життя флори і фауни. Цілком реально, що в найближчій перспективі це може призвести до екологічного лиха. Послід і стічні води тваринницьких і птахівницьких підприємств також можуть бути факторами передачі понад сотні збудників інфекційних захворювань.

Таким чином, підхід до проблеми переробки відходів сільськогосподарського виробництва головним чином базується на вимогах захисту навколишнього середовища [1,6].

Анаеробна утилізація сільськогосподарських відходів здійснюється в біогазових установках. Біогазові установки складаються з базових елементів, які показані на рисунку 1 [6].



**Рис.1. Принципова блок-схема біогазових установок:**

1 – ферма, 2 – приймальний бункер, 3 – насос, 4 – метантенк, 5 – газгольдер, 6 – теплообмінник, 7 – когенераційна установка, 8 – сховище біодобрива.

Головним вузлом біогазової установки є метантенк, в якому і здійснюється розкладання біомаси під дією метаногенних бактерій при додержанні певної температури анаеробного зброджування [6,7]. Процес анаеробного зброджування представлено на рисунку 2.



**Рис. 2.** Спрощена схема процесу анаеробного зброджування

Для оптимізації процесу анаеробного зброджування існує три температурні режими:

1. психрофільний режим. У психрофільному режимі оптимальна температура бродіння в метантенку 15...20 °С, може бути і нижче. В даному режимі відходи переробляються впродовж 30...40 днів.

2. мезофільний режим. У мезофільному режимі при температурі 30...40 °С органічні відходи переробляються впродовж 20...30 днів.

3. термофільному. У термофільному при температурі 52...56 °С органічні відходи переробляються впродовж 5...10 днів.

Біогазові установки, які функціонують на даний момент, є автоматизовані комплекси, які можуть працювати в психрофільному, термофільному і мезофільному режимах. Найчастіше на практиці використовуються психрофільні і мезофільні режими, однак при використанні термофільного режиму час зброджування зменшується до 5...7 діб, це призводить до значного зниження обсягу споруд, і збільшення обсягу виходу біогазу за рахунок високої ефективності розпаду органічних речовин.

При психрофільних температурах швидкість бродіння біомаси компенсується простою конструкцією метантенку і легкістю їх використання. В роботі [7] представлені дані, які свідчать про те, що вихідні

параметри біогазу, а також ступінь розщеплення вихідного субстрату в психрофільному режимі роботи біогазової установки знаходяться на тому ж рівні, що і в мезофільному, однак час зброджування субстрату збільшується.

У термофільних умовах анаеробного зброджування насіння бур'янів втрачає схожість, гинуть яйця гельмінтів і патогенна мікрофлора, а також відбувається накопичення високоактивних біологічних сполук класів ауксинів, кініни, гібереліни, які підвищують утворення зеленої маси рослин. Перераховані характеристики добрив для інших температур значно нижчі, це пов'язано з тим, що на виході з-за невисоких температур анаеробного зброджування отримуються незнезаражені добрива [8,9].

Розщеплення органічних речовин при метаногенезі відбувається під впливом різних груп мікроорганізмів, як багатоступінчастий процес [9-11].

Існують наступні стадії анаеробного перетворення складної органічної речовини в біогаз:

1. Стадія гідролізу біополімерних складних молекул (полісахаридів, ліпідів, білків і т.п.).

2. Стадія бродіння, при якій мономери, що утворилися, розщеплюються до більш простих речовин, таких як нижчі спирти і кислоти.

3. Ацетогенна стадія, на якій утворюються: водень, вуглекислота, ацетат – попередники метану.

4. Метаногенна стадія, при якій утворюється кінцевий продукт розщеплення складних органічних речовин – метан.

На кожній фазі одночасно протікає кілька різних реакцій. Кількісне співвідношення даних реакцій залежить від бактерій, що беруть участь на цьому етапі, і від виду сировини, що переробляється, а також від великої кількості інших факторів. У зв'язку з цим практично неможливо точно передбачити і прорахувати характер протікання реакції і кількісні показники на виході.

Головним продуктом анаеробного зброджування є органічні добрива. Можуть бути використані без будь-якої підготовки, вони мають велику цінність, ніж біогаз, що виробляється. Біодобриво є готовим до застосування концентрованим продуктом, яке не містить насіння бур'янів і патогенної мікрофлори, а також є універсальним добривом, яке можна використовувати на будь-яких ґрунтах і під будь-які культури. Особливість і переваги даного виду добрива пов'язані зі способом його отримання [12,13].

Анаеробне зброджування зберігає весь азот в органічній або амонійній формах. У вигляді нуклеопротейдів і фосфатидів знаходиться фосфор в добриві, у вигляді розчинних солей знаходиться калій, це забезпечує їх кращу засвоюваність вирощуваними рослинами.

Таким чином, правильне використання всіх вихідних продуктів анаеробного зброджування, дозволить зменшити термін окупності біогазової установки, в порівнянні з іншими пристроями альтернативної енергетики.

#### **Список використаних джерел**

1. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
2. Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118–121.
3. Milko D.O., Sclyar O.H., Sclyar R.V., Pedchenko G.P., Zhuravel D.P., Bratishko V.V. Results of the nutritional preservation research of the alfalfa laying on storage with two-phase compaction. *INMATEH – Сельскохозяйственное машиностроение*. 2020. Vol. 60. No. 1. pp. 269–274. DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-60-30>
4. Войтов В.А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100–109.
5. Скляр О.Г. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва. Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 298–304.
6. Скляр О.Г. Аналіз роботи біогазових установок. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. Вип. № 10 (109). ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. С. 132–138.
7. Мілько Д.О. Особливості процесу метаногенерації пташиного посліду. Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. Вип.8. Т.2.
8. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Біотермічна твердофазна ферментація гною. Праці ТДАТА. Мелітополь, 2008. Вип. 8. Т.3. С. 145–150.
9. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродіння. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Харків, 2015. Вип. 156. С. 649–655.
10. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Властивості біодобрив, що отримуються після анаеробної ферментації гною. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 13. Т.3. С.110–118.
11. Скляр О.Г, Методологія оптимізації ресурсовикористання у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С. 245–251.
12. Скляр Р.В. Напрями використання органічних ресурсів у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С.210-217.
13. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.



УДК 338

## НАПРЯМКИ ФОРМУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Болтянська Н.І., к.т.н.,

Помазан А.С., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Для досягнення показників національної продовольчої безпеки потрібно домогтися збільшення обсягів виробництва продукції за рахунок технологічної модернізації та інноваційних перетворень в галузі. Інноваційна діяльність, стосовно сільського господарства, означає сукупність послідовно здійснюваних дій по створенню нової або поліпшеної тваринницької продукції, вдосконаленій технології і організації її виробництва, на основі використання результатів наукових досліджень і розробок, або передового виробничого досвіду з метою модернізації виробництва і виходу на нові ринки.

Реалізація інноваційних проектів у сільському господарстві проявляє ефект індукування виробництва засобів виробництва, який в свою чергу створює умови для розширення обсягів інвестиційної активності спрямовані на інноваційне оновлення спряжених елементів і систем, безпосередньо пов'язаних з використанням засобів виробництва [1,2].

Іntenсивність процесу інвестування у виробництво засобів виробництва корелює з ефективністю інноваційного розвитку технологічних процесів виробництва використовують їх сільськогосподарських організацій. Прояв даного процесу виражається в форсуванні термінів необхідних для переходу до виробництва продукції заснованої на інноваційній технології, яка надає сільськогосподарським підприємствам, що використовують дану розробку, перейти на більш ефективну технологію, яка використовується при виробництві сільськогосподарської продукції.

Процес інноваційного розвитку сільського господарства повинен мати у своїй структурі такі середобразующие функції:

Інституційно-інноваційна функція формує сприятливе середовище для створення і розвитку інноваційних компаній, орієнтованих на вітчизняний АПК, також створення та розвиток інституційного середовища для підвищення ефективності програми венчурних капіталовкладень. Виробничо-інноваційна функція формує структурно-економічні процеси і об'єкти, що створюють розширений інноваційний зростання виробничого середовища сільського господарства. Процесно-інноваційна функція формує екосистему інноваційного розвитку



виробничої складової, через досягнення конкурентної переваги та державного стимулювання інноваційної діяльності орієнтованої на підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва

На нашу думку, доцільно створення в АПК інноваційного комплексу, структурні підсистеми якого спрямовані на забезпечення умов розширеного виробництва інновацій, а також забезпечення механізму виробничого процесу інноваційної технології від формування концепції до інтеграції технологічного пакету на виробничу платформу сільськогосподарського підприємства.

Реалізація даної задачі вимагає наступних функціональних дій:

— розширення функціонування дослідницької діяльності у сфері прикладних досліджень у всі галузях наукових досліджень і в області аграрної науки, зокрема основною метою даних заходів є ліквідація відставання фінансування науки і доведення наукових розробок до комерційного використання

— об'єктивно необхідно створити локальну середу фінансово-правових преференцій у вигляді особливих економічних зон для продуктивної діяльності компаній зайнятих в області інноваційного машинобудування, генної інженерії з напрямку рослинництва і тваринництва, комплексних біотехнічних систем, та інших напрямків інноваційного розвитку сільського господарства

— створення інформаційної аграрної мережі для прискорення цільового отримання інформації сільськогосподарськими організаціями, про ключових положеннях розвитку і підвищення ефективності виробничого процесу на основі застосування інноваційних технологій

— розвиток сільської місцевості на основі створення комплексної інфраструктурної середовища, для ефективного застосування людського капіталу та реалізації політики інноваційного розвитку сільського господарства.

На всіх стадіях формування, як постіндустріальної економіки, так і інформаційної економіки одним з найбільш продуктивних і перспективних напрямів інвестиційної діяльності є додаток наявних ресурсів для розвитку людського капіталу [3,4].

Людський капітал є однією з найважливіших складових економічної системи на сучасному етапі її розвитку. Інтенсивне конкурентоспроможний розвиток, як сільській місцевості, так і сільськогосподарського підприємництва, головною детермінантою якого, є інновації неможливо без реалізації людського капіталу. Висококваліфіковані кадри необхідні для реалізації інноваційних проектів у сільському господарстві та довгострокового розвитку АПК. Підготовка і додаток людського капіталу у формі висококваліфікованих кадрів до конкретних місць та умов роботи дозволить найбільш повно і своєчасно реалізувати інноваційний проект, підвищити ефективність використання інновацій, а також сформулювати механізм зворотного зв'язку

для відстеження стану, продуктивності та ефективності технологічних процесів виробництва сільськогосподарської продукції. Напрямки конструювання інноваційних проектів та інноваційних економічних систем, без обліку наявного людського капіталу і напрямків його розвитку за потенційно перспективним комплексів господарювання, знижує прогнозовану ефективність застосування інновацій.

Для купірування ризиків і збільшення ефективності інновацій, доцільно розробка і використання економічних функцій дозволяє установити структурні інноваційні розробки в сільське господарство. Реалізація максимально продуктивних засобів в рамках процесу інноваційного розвитку АПК створює потребу в розробки стратегії управління сільськогосподарським підприємством в межах якої реалізовувалися б такі напрямки [5]:

- формування і реалізація довгострокових і короткострокових інноваційних проектів
- бенчмаркінг та підвищення ефективності використання інновацій
- скорочення часу впровадження нової і оновлення вже наявний застарілої сільськогосподарської техніки

Основою інноваційного менеджменту є аналіз трендів і перспектив техніко-технологічного розвитку і функціонування виробничого процесу, а також положення сільськогосподарської продукції в структурі ринку постіндустріальної економіки [6-8]. В рамках інноваційної стратегії АПК характер інноваційного процесу розрізняється за такими напрямками:

- авангардний характер інноваційного процесу – це отримання активного конкурентної переваги, за рахунок технологічного домінування на ринку
- захисний характер інноваційного процесу сприйняття і використання трендів авангардних компаній, і застосування в дещо модифікованому вигляді розробленої ними технології
- ар'єргардні характер інноваційного процесу сублімує в собі досягнення, отримані авангардним і заштитим шляхом, з максимальним купіруванням інноваційних ризиків, але зниженою конкурентоспроможністю

Зазначені категорії, що характеризують інноваційний процес проявляються як домінування одного з підходів, так і в сукупності різних часток, свого прояву і присутні в різних сегментах АПК.

Застосовувані державою структурні компоненти управління, проявляються через економічні заходи і соціальні перетворення, векторна структура яких спрямована на формування комплексних інноваційних структур, що забезпечують ефективне функціонування інноваційної інфраструктури АПК з урахуванням особливостей сільського господарства регіональної структури України.

Комплексний розвиток інноваційного процесу в сільському господарстві на основі залучення як державних, так приватних коштів і ресурсів із створенням технопарків, комунікаційних інформаційних і технологічних центрів, підготовку і перепідготовку трудових ресурсів з метою підвищення участі людського капіталу у виробничому процесі, повинно включати у себе наступні напрями [9-12]: зростання числа приватних інвесторів в області створення інноваційних розробок сільського господарства, з одночасним підвищенням інвестиційної активності; збільшення кількості довгострокових технологічних проєктів, розробляють перспективні напрямку в галузі сільського господарства формують тенденції і тренди інноваційного розвитку; купірування економічних ризиків інноваційного розвитку системними методами підтримки і страхування державними і приватними компаніями сільського господарства і АПК в цілому; створення ефективного і доступного ринкового механізму реалізації інноваційних проєктів

Реалізація сільськогосподарської продукції з використанням маркетингових засобів акцентують увагу на наявність у товарі результатів застосування інноваційної технології є важливою складовою інноваційної діяльності. За допомогою маркетингового механізму реалізується вартість, носієм якої є інноваційна технологія, за допомогою надання інформації кінцевим споживачам продукції. Внаслідок цього сільськогосподарським підприємствам, які реалізують свою продукцію на ємні ринки як всередині країни, так і зарубіжному, з наявністю гострої конкурентної боротьби на цих ринках, необхідно у своїй виробничій структурі містити маркетингові відділи. Маркетингові відділи, також необхідні невеликим підприємствам АПК і фермерським господарствам, які в силу економічних і організаційних причин такі відділи містити не можуть, тому для підприємств даної категорії доцільно віддати маркетингові функції на аутсорсинг. Використання маркетингових інструментів підприємствами АПК створює умови ефективної ринкової реалізації виробничих можливостей. Дані інноваційні елементи стратегії розвитку сільського господарств, дозволяють підвищити ефективність виробничого процесу підприємств АПК, і каталізують економічний розвиток і зростання вітчизняної економіки. Інноваційні технології у розвитку сільського господарства, є визначальною тенденцією створення конкурентної переваги, умовою підвищення ефективності використання наявних ресурсів і тим самим створення умов середовища ефективного функціонування в рамках конкурентного середовища СОТ.

#### *Список використаних джерел*

1. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production». 2019. Uman. 18-20.

2. Boltyanska N. I. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.
3. Boltyanskaya N. I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.
4. Boltyanskaya N. I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.
5. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N., Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.
6. Болтянська Н.І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва шляхом підвищення рівня надійності техніки. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2018. Вип. 282, ч.1. С. 181–192.
7. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll. scientific-works of Intern. Research Practice Conf. “Topical issues of development of agrarian science in Ukraine”. Nizhin, 2019. Pp. 84–91.
8. Скляр Р.В., Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
9. Boltyansky B., Boltyansky O. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.
10. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.
11. Boltyanskaya N.I. Indicators of an estimation of efficiency of application of resourcesbutGauci technologies in animal husbandry. Bulletin of Sumy national agrarian University. A series of «Mechanization and automation of production processes». 2016. Vol. 10/3 (31). 118-121.
12. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК. 631.3.004:621.892

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ БІОДИЗЕЛЬНИХ ПАЛЬНИХ

Журавель Д.П., д.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми.** Відповідно до обговорюваних на всіх рівнях стратегії розвитку АПК, ключовою проблемою є продовольча безпека України і забезпечення раціональних норм харчування населення [1-3]. Однак, варто враховувати, що останнім часом все більшу актуальність здобуває проблема енергетичної незалежності. Для аграрного сектора економіки ця проблема проявляється в дефіциті та високій вартості нафтопродуктів, використовуваних для забезпечення функціонування мобільної енергетики. Враховуючи те, що Україна забезпечує свою потребу нафти на 85-90% за рахунок імпорту, а ціна на світовому ринку на неї постійно росте, це не могло не позначитися на критичному збільшенні собівартості сільськогосподарської продукції, зокрема продуктів харчування. Тому першочерговою проблемою нині виступає необхідність пошуку шляхів заміни нафтової сировини для виробництва пально-мастильних матеріалів на сировину з поновлювальних джерел.

**Основні матеріали дослідження.** Біодизель – це метиловий ефір, що одержується в результаті хімічної реакції із будь-яких рослинних олій та тваринних жирів. Технологія виробництва біопалива із нової рослинної олії полягає у наступному. Молекули жиру складаються із тригліцеридів – сполук трьохвалентного спирту гліцерину із трьома жирними кислотами. Задача полягає у тому, щоб позбавитися від гліцерину і перетворити їх у естери [4-6].

Процес починається із очищення олії. Наступною операцією є змішування олії із метиловим (або етиловим) спиртом та каталізатором (луг). Процес називається переестерифікацією, при якому спирт замінює гліцерин під час хімічної реакції. Для отримання біодобавки до дев'яти масових одиниць рослинної олії додається одна масова доля метанолу та невелика кількість каталізатору. Отриманий ефір має добру властивість спалаху, що забезпечується високим октановим числом. Особливістю цього процесу є необхідність безперервного постачання чистою рослинною олією, що можливе лише при великих засіяних площах технічних культур. Зазвичай у такому процесі виробництва біопалива використовуються ємності, в яких і проходить хімічна реакція. Вони називаються біореакторами.

Отриманий продукт має назву метиловий ефір рослинної олії, що застосовується як біодобавка до мінерального дизельного палива. При



такому змішуванні отримане пальне маркується латинською буквою В із зазначенням вмісту біодомішки. Так наприклад В100 – чистий біодизель, В2 – вміщує 2% біодизеля та 98% дизельного пального.

Сьогодні розроблено низку технологічних процесів виробництва біодизельного палива на основі рослинних олій. Процес отримання біодобавки із олій рослинного походження передбачає застосування широкого спектру олійних культур.

Існують наступні технології виробництва біопалива:

- виготовлення із чистої олії, виробленої з зерен олійних культур;
- виготовлення із відпрацьованої олії та тваринних жирів;
- змішування різних олій рослинного походження – кавітаційна технологія;
- виробництво біоетанолу.

Група вчених розробила принципово нову плазмохімічну технологію виробництва біодизеля. За новою технологією метил-ефіровий розчин виготовляється в плазмохімічному реакторі із ріпакової олії. В стандартному шару гетерополікислотного каталізатора генерується щільна мікрохвильова плазма, яка активує систему каталізатор – реагент, в шару каталізатора здійснюється прямий процес етерифікації ацилгліцеридів ріпакової олії із метиловим спиртом при температурі 60-64,5°C в присутності їдкою калію. В результаті проведення каталітичного процесу етерифікації отримується суміш метилових ефірів жирних кислот ріпакової олії.

Технологія отримання біопалива із відпрацьованих масел тваринного жиру є не менш вигідним. Технологія виробництва біопалива із відпрацьованої рослинної олії полягає у наступному. На відміну від процесу виробництва біопалива із чистої олії, отримання біодобавки із використаної олії більш трудомістке. Цей процес несе назву трансестерифікації – процес відділення гліцерилу та приєднання на його місце більш легкого спирту (метанол, етанол). Олію необхідно перевірити на наявність вмісту у ній води. Використана олія завжди вміщує воду, а вода буде реагувати із лугом і в результаті отримується желе. Лише 0,5% води робить хімічну реакцію такою, що не може закінчитися. Перевірити чи є вода в олії можливо при підігріві її до температури 50°C, при цьому спостерігається специфічний тріскіт. Для видалення води необхідно олію підігріти до температури 120°C і тримати до повної відсутності води.

Плазмохімічна технологія виробництва біодизеля відрізняється високою продуктивністю, простотою, низькими трудовими та енергетичними витратами. Для організації промислового виробництва біопалива за новою технологією необхідні суттєво більш низькі витрати, ніж для виробництва рідких палив нафтового походження.



В традиційних технологіях неможливо одразу отримати біодизель належного стану. Тому його вимушені мити або застосовувати сорбенти, щоб видалити усі домішки. Це вимагає додаткового обладнання для мийки біодизеля і додаткову установку, так звану термовакуумну сушку.

Використана олія потребує більше лугу для трансестерифікації, щоб нейтралізувати вільні жирні кислоти (FFA), які формуються при перегріванні олії та заважають в подальшому процесі. Олія повинна бути досліджена у лабораторії, щоб визначити вміст вільних жирних кислот у ній – процес титрування, за яким визначається кількість необхідного лугу. Для цього необхідно скористатися вимірювачем кислотності рН, і методом екстраполяції визначити кількість необхідного лугу. Подальші операції виробництва біодизеля аналогічні процесу виробництва із нової олії.

За рахунок процесу кавітації виконується технологія виробництва біопалива із застосуванням змішування олій. Кавітація – утворення розривів в рідині в результаті місцевого спаду тиску. Ефект кавітації супроводжується мікробибухами, ультразвуком, а також механічними зрізами та співударями при впливі сотень ріжучих пар. Пари, які називаються ріжучими, рухаються назустріч один одному із великою лінійною швидкістю, величина досягає декількох десятків метрів за секунду, що забезпечує розріз диспергуємих речовин на дрібні мікрочастки.

На практиці використовують також один з видів кавітації – акустичну кавітацію. Ця кавітація уявляє собою ефективний засіб концентрації енергії звукової хвилі низької щільності у високу щільність енергії, що пов'язана із пульсаціями. Під дією змінних тисків, що виникають у звуковій хвилі рідина розривається в напівперіод розрядження із утворенням кавітаційних порожнин, а потім в напівперіод стискання ці порожнини закриваються. Під впливом акустичної кавітації, речовина у мікроскопічній області нагрівається до високих температур, іонізується, а при поверненні в початкове положення накопичена енергія вивільнюється у вигляді спалаху світла. Таким чином, при розширенні та стисканні кавітаційної порожнини протікає своєрідна трансформація потужності, тиск і температура іонізованого газу в результаті протікаючих процесів досягають значних величин (до 100000атм. та 10000°C).

Застосування магнітоімпульсної кавітації надає такі ж самі характеристики виробництва біопалива із застосуванням змішування олій. Магнітоімпульсна високочастотна кавітація відрізняється від звичайного кавітаційного процесу впливом магнітного поля на мікроплазмові утворення, які виникають при активній кавітації. Завдяки можливості впливати на кавітаційну область магнітним полем стало можливим вирішити основну технологічну задачу – збільшення довговічності робо-

чих поверхонь кавітаційного обладнання, а також збільшення інтенсивності кавітаційного впливу на середовище у результаті магнітного фокусування кавітаційної лінзи.

Високочастотна гідродинамічна обробка дизельного палива в гідродинамічних змішувачах призводить до цілої низки позитивних змін, які впливають на його калорійність та якість згорання. Молекулярні полімерні ланцюги органічного палива розриваються, при цьому утворюється велика кількість активних молекул, які вступають в процес окислення одночасно і значно швидше. При подрібненні молекул за допомогою гідродинаміки (ежекції) виникає розрив зв'язків самих молекул із утворенням вільних радикалів, які мають набагато більшу здатність до горіння, ніж замкнені молекули. Полімерні ланцюги молекул води розриваються, вода переходить в дрібнодисперсний стан із утворенням радикалів Н і ОН, які беруть участь в процесі горіння значно активніше та утворюють нестабільні, легкоокислюємі поєднання із вільними радикалами органічного палива. Сірка та парафін у процесі гідродинамічного змішування утворюють поверхнево-активні речовини, які як контейнер оточують мікрочастки емульсії та протистоять їх подальшому злипанню.

Звичайне паливо крім вуглеводів вміщує також молекули води, парафіни, молекули сірки та механічні домішки. Більша частина палива знаходиться в полімеризованому стані. При підпаленні такої суміші процес горіння буде гальмуватися при стиканні із водяними полімерними молекулами, а згорання парафінів або сірки буде неповним, що призведе до уповільнення горіння, токсичним відходам та неповному згоранню паливної суміші в цілому.

Гідродинамічна обробка може бути застосована для отримання вискодисперсних сумішей дизельного та біодизельного палив, з необхідними параметрами, як за кількісним складом компонентів (високоточна дотація) так і за якісним складом, через можливість введення у суміш необхідних присадок і депресорів на молекулярному рівні. Результат такого впливу на оброблюєме середовище – довгострокове зберігання наперед заданих фізико-хімічних показників отриманого комбінованого палива. При гідродинамічному методі отримання біодизеля ні мийка ні сушка кінцевого продукту не вимагається, відповідно немає необхідності утилізувати використану воду або сорбент.

Виробництво біопалива засноване не тільки на використанні рослинних олій для виробництва біодизельних палив, а для процесу виробництва біоетанолу із подальшим змішуванням із бензином. Отриманий продукт за аналогією із біодизельних паливом з рослинних олій маркується латинською літерою Е (Е100 тощо). Культурами для виробництва етанолу виступають кукурудза, цукровий буряк, цукрова тростина. Нині у більшості розвинутих країнах світу існують державні програми по виробництву етанолу на державних спиртових заводах.

Біопаливом, більш близьким за своїми фізико-хімічними властивостями до вуглеводневого дизельного паливу є суміш метилових ефірів жирних кислот рослинної олії, що отримала назву біодизель, який використовують в якості біодобавки до нафтодизеля у різних співвідношеннях. Головною перевагою біодизеля є те, що його виробляють із ресурсів, які швидко відновлюються.

На сьогодні розроблено цілу низку технологічних процесів виробництва біодизельного палива на основі рослинних олій. Серед них можна виділити операції, які мають в усіх відомих технологіях приготування біодизельного палива: приготування суміші каталізаторів; змішування рослинної олії із сумішшю каталізатору; відділення від рослинної олії, одержаного в результаті хімічної реакції, гліцерину [6-9]. Однією із найскладніших є операція з перемішування рослинної олії і групи каталізаторів. Для отримання біодизельного палива зазвичай використовується ріпакова олія – вона найдешевша із рослинних. З кожної тони ріпаку можливо отримати приблизно 450кг (45%) ріпакової олії, а із нього – приблизно 400кг біодизеля. В якості каталізатора найчастіше використовується гідроксид натрію або калію. Час необхідний для реакції до 8 годин. Найшвидше протікає при 64,5°C – температурі кипіння спирту. Зі зменшенням температури на 10°C швидкість реакції уповільнюється вдвічі. Хімічно переестерифікований біодизель – це суміш моно-алкілових ефірів жирних кислот.

На самому початку існує молекула рослинної олії або жиру тваринного походження – тригліцерид. Кожна молекула складається із трьох ланцюгів жирних кислот пов'язаних молекулою гліцерину. Трансестерифікація – процес відділення гліцеролу та приєднання на його місце більш легкого спирту. Отримується три молекули естерів замість однієї більш важкої молекули тригліцериду. Але відділення тригліцериду проходить поступово. Спочатку в одному із ланцюгів замінюється спирт. Отримується дигліцерид та метиловий естер. Далі – моногліцерид та дві молекули метилового естеру, і насамкінець три молекули метилового естеру. Саме тут може виникнути проблема – незакінчена реакція: може не вистачити метанолу або каталізатору і в біодизелі будуть знаходитися дигліцерид, який не горить, та моногліцерид, що призводить до корозії матеріалів. За існуючими стандартами ЄС їх вміст не повинен перевищувати 0,1%.

Для різних видів олії необхідно 110...160мл метанолу на літр олії (теоретично), але на практиці для завершення реакції необхідно приблизно на 20% більше. Більша частина цього метанолу може бути відновлена та повернена у кругообіг процесу виробництва. На відміну від етанолу, метанол не утворює із повітрям сполук і в цілому відмінно підходить для повторного використання.

Для протікання реакції необхідно 3,5г NaOH, щоб перетворити 1л нової олії у біодобавку. Використана олія потребує більшої кількості

лугу для нейтралізування вільних жирних кислот. Ці кислоти при взаємодії із лугом перетворюються у мило. Якщо лугу буде забагато, то його буде важко видалити, а якщо замало – реакція не пройде до кінця – не вся олія буде використана. На рис. 1 наведено хімічний процес отримання ефірів жирних кислот біодизеля.



**Рис. 1. Хімічний процес отримання ефірів жирних кислот**

На кафедрі технічного сервісу та систем в АПК розроблено технологію отримання метилових ефірів із рослинної сировини, яка використовується в навчальному процесі при вивченні технічних дисциплін рис.2.



**Рис. 2. Зразки метилових ефірів для біодизельних паливних із рослинної сировини**

Для отримання метилового ефіру до дев'яти масовим одиницям рослинної олії додається одна масова доля метанолу – 9:1 [1,8]. Все це переміщується в реакторних колонах із додаванням катализатору. В результаті хімічної реакції утворюється, в першу чергу, метиловий ефір, а також побічний продукт – гліцерин, який широко використовується у фармацевтичній та лакофарбовій промисловості. Отриманий ефір має добру властивість до горіння, що забезпечується високим метановим числом.

**Висновок.** Аналізуючи технології отримання біодизельних палив слід звертати увагу не тільки на якісні їх хімотологічні показники а і на триботехнічні властивості. Таким чином, важливим моментом у виробництві та наступному продажу біодизельного палива є адаптація

його до матеріалів деталей функціональних систем сільськогосподарської техніки. Для цього використовувати необхідно так звані депресанти. Депресанти – спеціальні присадки, що знижують температуру фільтрування та застигання палива. Їх додають у біодизель за допомогою спеціальних гідродинамічних змішувачів.

**Список використаних джерел**

1. Девянин С. Н., Марков В. А., Семенов В. Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. Х.: Новое слово, 2007. 452 с.

2. Журавель Д.П., Бондар А.М., Паніна В.В. Методологія оцінювання надійності дизельних двигунів при експлуатації на біодизелі. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Вип. 7. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. С.30-39.

3. Журавель Д.П., Мілько Д.О., Бондар А.М. Використання біологічної оливи для сільськогосподарської техніки. Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодержавний збірник / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 125-131.

4. Дидур В.А., Надикто В.Т., Журавель Д.П., Юдовинский В.Б. Особенности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биодизельного топлива. Тракторы и сельхозмашины. 2009. № 3. С. 3-6.

5. Дидур В.А., Журавель Д.П. Надежность мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биологических топливо-смазочных материалов. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. К., 2016. Вип. 251. С.67-75.

6. Журавель Д. П. Особливості використання олив біологічного походження для мобільної техніки. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти: зб. наук. праць / УВ МААО. Запоріжжя, 2014. Вип. 2. С. 157-165.

7. Журавель Д. П. Обґрунтування методу прогнозування ресурсу мобільної техніки при експлуатації її на біопаливі. Праці ТДАТУ: наукове фахове видання. ТДАТУ. Вип. 12. т. 3. Мелітополь, 2012. С. 109-119.

8. Журавель Д.П., Юдовинський В.Б. Знос матеріалів в середовищі біопалив. Праці ТДАТУ. Вип. 10, т.2. Мелітополь, 2010. С. 77-90.

9. Журавель Д. П. Оцінка зносу трибоспряжень в середовищі біопаливо-мастильних матеріалів. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т.2. С. 28-33.



УДК 620.1.631.372

## КЛЮЧОВІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ НАНОТЕХНОЛОГІЙ В УКРАЇНІ

Болтянська Н.І., к.т.н.,

Заболоцкий А.В., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Аналіз світового досвіду формування національних і регіональних програм за новими науково-технічними напрямками свідчить про необхідність виявлення деяких ключових проблем в області розробки наноматеріалів і нанотехнологій. Перша проблема формування кола найбільш перспективних споживачів, які можуть забезпечити максимальну ефективність застосування сучасних досягнень. Необхідно виявити, а потім і сформулювати потреби суспільства в розвитку нанотехнологій і наноматеріалів, здатних істотно вплинути на економіку, техніку, виробництво, охорону здоров'я, екологію, освіту, оборону і без-небезпеку держави [1-3].

Друга проблема підвищення ефективності застосування наноматеріалів і нанотехнологій. На початковому етапі вартість наноматеріалів буде вище, ніж звичайних матеріалів, але більш висока ефективність їх застосування буде давати прибуток. Тому необхідно середньострокове та довгострокове фінансування НДДКР за наноматеріалів і нанотехнологій з вибором способів реалізації програми, включаючи масштаби і джерела фінансування. Держава зацікавлена в швидкому розвитку перспективного напрямку, тому воно повинно взяти на себе основні витрати на проведення фундаментальних і прикладних досліджень, формування інновацій [4].

Третя проблема власне розробка нових промислових технологій отримання наноматеріалів, які дозволять Україні зберегти деякі пріоритети в науці та виробництві.

Четверта проблема забезпечення переходу від мікротехнологій до нанотехнологій і доведення розробок нанотехнологій до промислового виробництва, особливо в області електроніки та інформатики.

П'ята проблема широкомасштабний розвиток фундаментальних досліджень у всіх областях науки і техніки, пов'язаних з розвитком нанотехнологій.

Шоста проблема створення дослідницької інфраструктури, включаючи: організацію центрів колективного користування унікальним технологічним та діагностичним обладнанням; сучасне приладове оснащення наукових і виробничих організацій інструментами та приладами для проведення робіт в галузі нанотехнологій; забезпечення доступу



науково-технічного персоналу до синхротронних і нейтронних джерел (як українським, так і зарубіжним), до надпродуктивних обчислювальних комплексів; розробку спеціальної метрології та державних стандартів у галузі нанотехнологій; розвиток фізичних і апаратурно-методичних основ адекватної діагностики наноматеріалів на базі електронної мікроскопії високої роздільної здатності, скануючої електронної та тунельної мікроскопії, поверхнево-чутливих рентгенівських методик з використанням синхротронного випромінювання, електронної мікроскопії для хімічного аналізу, електронної спектроскопії, фотоелектронної спектроскопії [5,6].

Сьома проблема створення фінансово-економічного механізму формування оборотних коштів у інститутів та підприємств-розробників наноматеріалів і нанотехнологій, а також розвиток інфраструктури, що забезпечує підтримку інноваційної діяльності у цій сфері на всіх її стадіях від виконання науково-технічних розробок до реалізації високотехнологічної продукції.

Восьма проблема залучення, підготовка і закріплення кваліфікованих наукових, інженерних та робочих кадрів для оновленого технологічного комплексу України.

Для вироблення і практичної реалізації необхідних і достатніх заходів в області створення і розвитку нанотехнологій повинна бути сформована державна політика, яка, в свою чергу, повинна розглядатися як частина державної науково-технічної політики, що визначає цілі, завдання, напрями, механізми і форми діяльності органів державної влади України з підтримки науково-технічних розробок і використання їх результатів [7,8].

До таких заходів перш за все необхідно віднести:

- розробку та реалізацію матеріально-технічного забезпечення робіт у галузі нанотехнологій з максимальним урахуванням можливостей кооперації у використанні унікального наддорогого наукового та експериментально-дослідного обладнання;
- підготовку, підвищення кваліфікації, залучення і закріплення кадрів (насамперед молодих фахівців) в області нанотехнологій для їх використання в науковій і промисловій сферах;
- вивчення ринку наукомісткої продукції в частині нанотехнологій з використанням методів прогнозування та техніко-економічної оцінки;
- аналіз сучасного стану науково-дослідних робіт фундаментального і прикладного профілю у відповідності з загальними вітчизняними і світовими тенденціями у розвитку даного напрямку, а також результативності закінчених досліджень та їх подальшої перспективності;
- визначення пріоритетних орієнтованих напрямків в області нанотехнологій, результати яких можуть бути використані найближчим часом, середньостроковій і далекій перспективі, а також у фундаментальних і пошукових дослідженнях;

- розробку і використання системи координації і кооперації проведених досліджень у галузі нанотехнологій;
- створення і використання експертних систем і баз даних як інформаційного поновлюваного ресурсу в області останніх досягнень, пов'язаних з розробкою і застосуванням нанотехнологій в країні і за кордоном;
- відпрацювання систем взаємодії держави з підприємницьким сектором економіки в цілях формування ринку нанотехнологій, залучення позабюджетних коштів для проведення досліджень і організації відповідних виробництв; розробку заходів щодо активізації участі бюджетних і позабюджетних фондів і приватних інвесторів на всіх стадіях розробки і освоєння нанотехнологій;
- розроблення системи заходів з організації ефективного взаємовигідного міжнародного співробітництва у галузі досліджень і практичного використання нанотехнологій.

#### *Список використаних джерел*

1. Болтянська Н.І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва шляхом підвищення рівня надійності техніки. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2018. Вип. 282, ч.1. С. 181–192.
2. Болтянська Н.І. Підвищення довговічності вузлів тертя мобільної сільськогосподарської техніки застосуванням нанотехнологій. Вісник ХНТУСГ. 2012. Вип.128. С. 132-137.
3. Болтянський О.В. Використання нанотехнологій при безрозбірному сервісі автотракторної техніки. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.2. С. 97-102.
4. Boltyanskaya N.I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.
5. Болтянська Н.І. Зниження енергоємності виробництва продукції тваринництва за рахунок скорочення енергії на кормоприготування. Інженерія природокористування. 2018. №1(9). С. 57–61.
6. Скляр Р.В., Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
7. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.
8. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. науч. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 338

**ВИКОРИСТАННЯ АМІАКУ ЯК НОСІЯ ВОДНЮ В ЯКОСТІ ПАЛИВА ДЛЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

Болтянський О.В., к.т.н.,

Марков Б.О., бакалавр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Рішення енергетичної проблеми в майбутньому можливо при переході на нові, нетрадиційні види енергоносіїв. Актуальність проблеми пошуку нових енергоносіїв для автомобільних і тракторних двигунів внутрішнього згоряння визначається в першу чергу необхідністю суворої економії нафтопродуктів і, по-друге, необхідністю істотного зниження токсичності відпрацьованих газів.

Серед безлічі синтетичних речовин тільки деякі спирти, водень і аміак задовольняють цим вимогам і одночасно характеризуються достатньою термодинамічною, експлуатаційною сумісністю з автотракторної двигунами. Перехід світової економіки на новий енергоносієвий – водень – неминучий по ряду причин. Головне тут – обмеженість вуглеводневих природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища. Оптимальним вирішенням цих проблем є використання водневого пального. Водень розглядається як паливо майбутнього, що дозволяє вирішити енергетичні та екологічні проблеми [1-3]. Водень слід розглядати як енергоакумулюючу речовину, енергоносієвий або синтетичне паливо. Він володіє великими перевагами перед викопним паливом. Теплота згоряння у нього майже в три рази вище, ніж у бензину, а енергії для займання потрібно в 1,5 рази менше. При спалюванні водню в чистому кисні продукти згоряння абсолютно нешкідливі - пари води; при спалюванні в повітрі можуть утворюватися оксиди азоту, проте в меншій кількості, ніж при спалюванні звичайних палив. Крім того, при згорянні в двигуні не виділяються токсичні окис вуглецю, вуглеводні, сажа, канцерогенні речовини. Ресурси водню в природі практично невичерпні, якщо в якості джерела використовувати воду. При згорянні водню утворюється вода, яка знову втягується в природний кругообіг. Розкладання води з використанням ядерної енергії і протилежний йому процес – окислення водню – в майбутньому замінять видобуток і спалювання викопних палив [4,5]. Однак в даний час основними труднощами використання водню в якості палива є його низька об'ємна енергоємність і потреба в криогенних системах зберігання, які дуже важкі і займають багато місця. Щоб зняти цю проблему, пропонуються гідриди металів і криогенні системи зберігання водню.

Великий практичний інтерес представляє використання аміаку в якості вторинного носія водню, конвертованого в некріогенну безпечну форму. Перспективність застосування аміаку в якості палива зумовлена рядом його позитивних властивостей. Аміак має більш високу енергощільність за вмістом водню, ніж газоподібний, рідкий водень і гідриди металів, але має меншу теплотворну здатність в порівнянні з бензином. Перспективність аміаку як палива обумовлена його відносно низькою вартістю і практично необмеженою сировинною базою. При повному згорянні аміаку утворюється тільки один шкідливий компонент -  $\text{NO}_x$ , причому його вміст незначний. При температурах навколишнього середовища аміак зріджується вже під тиском 0,6-0,7 МПа. Критичний стан: температура  $T_{\text{кр}} = 132,4 \text{ }^\circ\text{C}$ ; тиск  $P_{\text{кр}} = 11,15 \text{ МПа}$ ; щільність  $\rho_{\text{кр}} = 0,235 \text{ г / см}^3$ . У пожежному відношенні аміак відносно безпечний, тому що він погано запалюється. Концентраційні межі запалення аміаку з повітрям складають 15-18% за обсягом, температура самозаймання дорівнює  $651^\circ\text{C}$ .

Щоб використовувати чистий аміак в якості палива для двигунів внутрішнього згорання, необхідно значне збільшення потужності іскрового розряду карбюраторних двигунів, підвищення ступеня стиску дизелів до 35 і застосування добавок, які інтенсифікують займання. Найбільш перспективним напрямком використання аміаку в якості палива для двигунів внутрішнього згорання є розкладання, дисоціація його на водень і азот.

### **Список використаних джерел**

1. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Аналіз основних тенденцій розвитку світової та вітчизняної сільськогосподарської техніки для роліництва. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2011. Вип.166, ч.1. С. 255–261.
2. Boltyansky V., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.
3. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник НУБіП. Серія Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип.212, ч.1. С. 275–283.
4. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Використання нанотехнологій при безрозбірному сервісі автотракторної техніки. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.2. С. 97–102.
5. Болтянська Н.І. Зміни техніко-експлуатаційних показників МЕЗ під впливом на них надійності. Вісник ХНТУСГ імені П. Василенка. 2009. Вип.89. С. 106–111.

УДК 631.171.075.3

**АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОТРИМАННЯ ОЛІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ НАСІННЯ РИЦИНИ**

Журавель Д.П., д.т.н.,

Чебанов А.Б., к.т.н.,

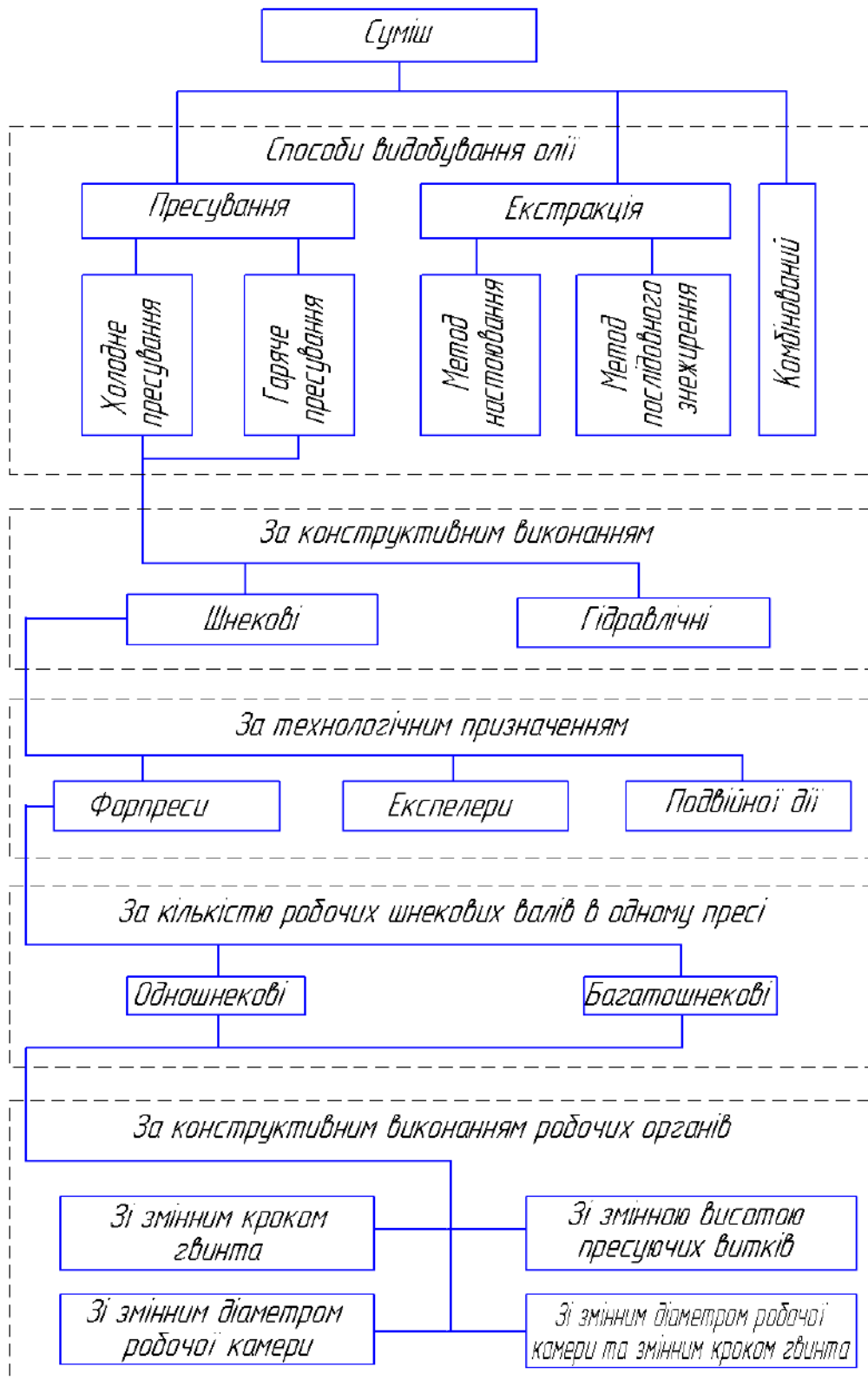
Верещага О.Л., аспірант

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

**Постановка проблеми.** Олійні культури мають важливе народно-господарське значення, оскільки є джерелом одержання цінних продовольчих та технічних продуктів. Серед олійних культур важливе місце на півдні України посідає рицина, основний продукт переробки якої є рицинова олія, що застосовується у військовій, хімічній, електротехнічній, медичній, косметичній, лакофарбовій промисловості, а також в сільському господарстві та при виготовленні біопалива [1,2]. Якість і кількість готової продукції при переробці рицини в значній мірі залежить від прийнятої технології. В технології переробки рицини важливе місце посідає операція віджимання олії, що здійснюється після ряду підготовчих операцій. Вибір методу отримання касторової олії і оптимальної конструкції пристрою після підготовчої операції – вологотеплової обробки м'ятки насіння рицини [3]. є актуальною задачею, вирішення якої допоможе збільшити вихід касторової олії. Досягти реалізації такої задачі без огляду літературних джерел з цього питання, не представляється можливим.

**Основні матеріали дослідження.** При виробництві олії із насіння олійних культур користуються способами (рис. 1) пресування із застосуванням пресів різних конструкцій і екстракцією із застосуванням розчинників [3].

Що стосується способу екстракції, то при переробці рицини згідно існуючих технологічних схем він застосовується після пресування [4]. При цьому способі подрібнене насіння занурюють у розчинник. Далі, отримують розчинену олію у розчиннику, і шрот (знезаражений залишок). Після цього, за допомогою спеціального обладнання витискається розчинник з олії. Однак, розчинники, що застосовуються для вилучення олії методом екстракції, повинні задовольняти вимогам, що висуваються до них технікою і технологією екстракційного процесу (добре і швидко розчинювати олію, видалятися повністю з масла і шроту, не надавати їм іншого запаху і смаку, не бути шкідливими для здоров'я обслуговуючого персоналу, бути дешевим і не дефіцитним тощо) [5].



**Рис. 1. Класифікація способів та пристроїв пресування олійної сировини**

Всі розчинники, що використовуються в сучасній промисловості, задовольняють тільки деяким потребам. Таким чином, при екстракції знижуються особливо якісні показники олії і шроту, а також збільшується собівартість процесу [6] за рахунок додаткового очищення олії й



інтенсифікації шроту. Спосіб пресування у економічному відношенні має реальну можливість істотно зменшити ці витрати, використовуючи принципово нові конструктивні рішення для отримання рицинової олії. Існує два методи виробництва рослинних олій способом пресування (рис. 1): пресування при низьких температурах (холодне пресування) та пресування при високих температурах (гаряче пресування) [7].

Найбільш цінними з біологічної точки зору є нерафіновані олії холодного віджимання. В них найбільш повно зберігаються такі цінні компоненти, як: лецитини, вітаміни, незамінні амінокислоти, мінеральні речовини, поліненаситні жирні кислоти (омега 3 та омега 6) [8]. Однак, недоліком холодного методу виступає наступне: якщо подрібнене олійне насіння направити після операції подрібнення у прес, то, не дивлячись на великий тиск, що буде створюватися у пресі, вдається отримати невелику кількість олії, що знаходиться у м'ятці [9]. Окрім цього рицинова олія є суто технічним продуктом, тому збереження компонентів, які є цінними для організму людини не потребується. Ці фактори є визначальними при виборі методу пресування насіння рицини. При застосуванні гарячого методу пресування м'ятка насіння рицини перед самим пресуванням піддається волого-тепловій обробці із забезпеченням оптимальних параметрів такого процесу

Існуючі преси, згідно [9] можна розділити (рис 1):

- за конструктивним виконанням: шнекові, гідравлічні;
- за технологічним призначенням: форпреси, експелери, преса подвійної дії;
- за кількістю робочих шнекових валів в одному пресі: одношнекові, багатошнекові;
- за конструктивним виконанням робочих органів: зі змінним кроком гвинта, зі змінним діаметром робочої камери, зі змінною висотою пресуючих витків; зі змінним діаметром робочої камери та зі змінним кроком гвинта.

Патент на гідравлічний прес для віджимання рослинних олій був запатентований у Англії Джозефом Бромахом у 1795 р. Після цього, отримання олії на гідравлічних пресах стало домінуючим і продовжувало бути до початку ХХ століття. Принцип дії таких пресів заснований на розвиненні зусилля достатньому для вилучення олії у бункері, де знаходиться олійний матеріал. Олія витікає через отвори бункера. Однак, такі преси мали велику кількість недоліків, основним з яких є неможливість достатньо повного віджимання олії, в результаті чого значно підвищувалися втрати олії у виробництві. Окрім цього, вони відносяться до пресів перервної дії, і можуть застосовуватися при виробництві олії в дуже невеликих кількостях.

Сучасне апаратурне оформлення пресового способу виробництва олій пов'язано із застосуванням шнекових пресів. Форпреси застосовують для попереднього віджимання олії, експелери – для остаточного, а

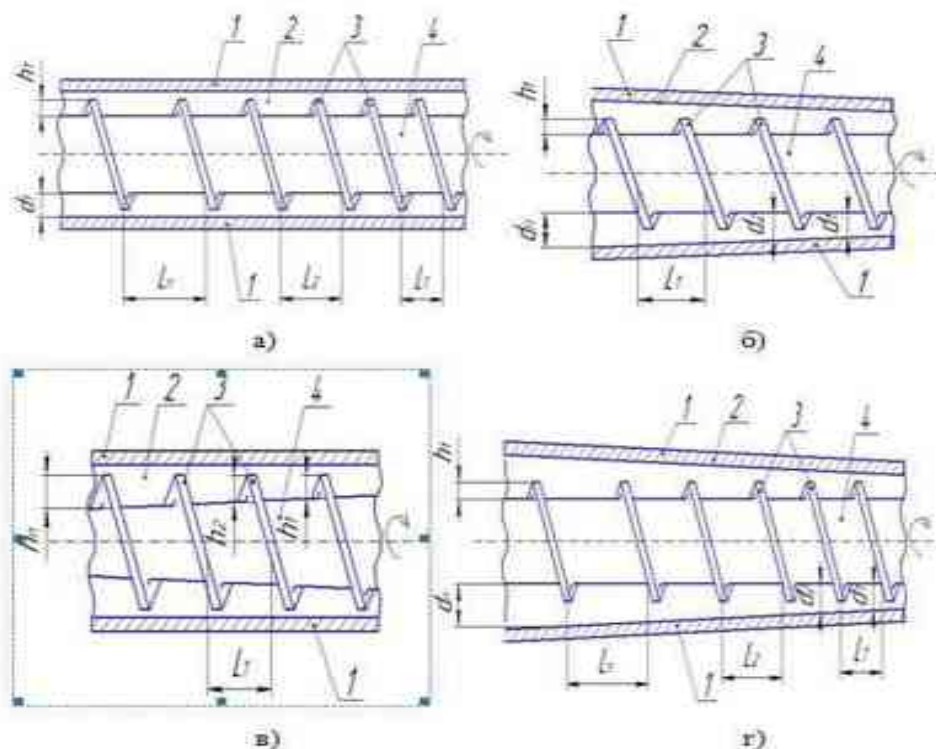
преси подвійної дії – коли в одній машині здійснюється попереднє й остаточне віджимання олії. Згідно з операційними схемами з технології переробки олійних культур, віджимання олії здійснюється у декілька етапів. Після волого-теплової обробки м'ятки олійних культур, при використанні пресового способу, застосовується попереднє пресування за допомогою форпресів, що і є вирішальним при виборі машини за технологічним призначенням, що пресує олійний матеріал.

Шнекові машини із декількома шнековими валами у порівнянні із одним шнековим валом (у виробництві найчастіше використовуються двогвинтові), володіють більш корисною поверхнею у розрахунку на об'єм матеріалу та забезпечують примусове його просування. Окрім цього, за допомогою двошнекових машин можна спростити технологію переробки насіння олійних культур, використовуючи поєднання операцій подрібнення, термомеханічної обробки (при визначеному розташуванні шнекових валів) та віджимання олії в одній машині. Однак такі машини мають більш складну конструкцію, що збільшує їх собівартість. Знижується якість забезпечення контролю технологічних величин матеріалу, що досліджується (ступінь подрібнення, температура мезги у пресі тощо). Тому, на даному етапі, ці фактори ускладнюють застосування таких пресів для пресування мезги насіння ріцини.

В ході огляду конструкцій шнекових пресів, можна стверджувати, що всі конструктивні зміни окремих елементів різних конструкцій шнекових пресів направлені на поступове зменшення вільного об'єму між пресуючими витками за ходом мезги у зерному просторі шнекового пресу. Це означає, що по мірі просування мезги за шнековим валом, вона піддається стисненню, в результаті чого відбувається скорочення зовнішньої поверхні мезги. І, відповідно, в результаті того, що у вільному об'ємі пресуючих витків, що безперервно зменшуються, буде знаходитися мезга, то створюється тиск на мезгу, і відбувається виділення олії. Характер зміни вільного об'єму витків шнекового валу характеризує правильність його конструкції, правильність розмірів витків і зерного барабана, що безпосередньо впливають на вихід олії. Відповідно, тиск, що розвивається у пресі визначається, по перше, властивостями готової мезги, а по друге – конструктивними особливостями самого шнекового пресу. Тому, підвищити ефективність шнекового пресу при пресуванні насіння ріцини можна за рахунок отримання оптимального вільного об'єму пресуючих витків.

Конструктивно змінити вільний об'єм пресуючих витків за довжиною шнекового вала можна здійснити за допомогою відповідного конструктивного виконання робочих органів (зерного циліндру та шнекового вала з пресуючими витками). Конструктивні зміни у цих робочих органах можна здійснити наступним чином: змінити відстань (крок гвинта) між пресуючими витками (рис. 2 а); змінити діаметр робочої

камери (рис. 2 б); змінити висоту пресуючих витків (рис. 2 в); змінити діаметр робочої камери та змінити крок гвинта (рис 2 г).



1 – зерний циліндр; 2 – кільцевий проміжок; 3 – пресуючі витки; 4 – вал;  $L_1, L_2 \dots L_n$  – відстань між пресуючими витками;  $d_1, d_2 \dots d_n$  – діаметр робочої камери;  $h_1, h_2 \dots h_n$  – висота пресуючих витків

**Рис. 2. Конструктивне виконання шнекових пресів: а) – зі змінним кроком гвинта; б) – зі змінним діаметром робочої камери; в) – зі змінною висотою пресуючих витків, г) – зі змінним діаметром робочої камери та змінним кроком гвинта**

**Висновки.** В ході огляду літературних джерел встановлено, що ефективними пресами є шнекові з одним пресуючим шнековим валом, які забезпечать високу якість процесу віджимання олії з олійного насіння. Всі конструктивні параметри шнекового пресу, які впливають на його ефективність, визначаються за допомогою оптимального вільного об'єму між окремими пресуючими витками.

### **Список використаних джерел**

1. Журавель Д.П. Концепція енергетичного та кормового забезпечення виробництва продукції тваринництва. Біоенергетичні системи: матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції (Житомир, 28 - 29 травня 2020 р.) – Житомир: Поліський національний університет (Житомирський національний агроєкологічний університет), 2020.

2. Журавель Д.П. Раціональне використання біологічних олив для мобільних енергетичних засобів. Науковий вісник ТДАТУ. Вип. 10.

Том 1. Мелітополь, 2020. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-1.pdf>

3. Дідур В.В., Чебанов А.Б., Дідур В.А., Назарова О.П., Верещага О.Л. Оптимізація конструктивно-технологічних параметрів шнекового преса для віджимання мезги насіння рицини (на прикладі одного витка шнекового вала) Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Кропивницький, 2019, Вип. 2(33).С. 34-43.

4. Дідур В.В., Дідур В.А., Чебанов А.Б., Асєєв А.А. Оптимізація параметрів волого-теплової обробки м'ятки при виділенні олії із насіння рицини. Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. Вип.8. Т.2., С.1-8;

5. Акаева Т. К., Петрова С. Н. Основы химии и технологии получения и переработки жиров. Ч. 1. Технология получения растительных масел: учеб. пособие. Иваново: ИГХТУ 2007. 124 с.

6. Розробка технології, експериментального устаткування технологічної лінії по глибокій переробці насіння рицини в касторову олію для виробництва мастил для сільськогосподарської техніки: звіт про НДР; кер. В. А. Дідур. Мелітополь: ТДАТА, 2005. - 99 с.

7. Гавриленко И. В. Оборудование для производства растительных масел. М. : Пищевая промышленность, 1959. – 370 с.

8. Горбенко Е., Стрельцов В., Горбенко Н. Инновационная технология производства растительного масла. MOTROL, 2012. – 14-№2, С.99-102.

9. Техника и технологии производства и переработки растительных масел : учебное пособие / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.В. Романцова, В.П. Таров. Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. 96 с.

**УДК 658.345**

## **ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Пинчук А. А., магистрант;

*Белорусский государственный аграрный технический университет г. Минск, Беларусь*

Сельское хозяйство – это отдельное направление деятельности, отличающееся своей особенной спецификой, однако вопросы охраны труда являются наиболее актуальными в данной отрасли. Охрана здоровья работников сельского хозяйства, создание оптимальных и безопасных условий труда, а также профилактика общей и профессиональ-

ной заболеваемости являются особенно важной задачей администрации предприятий. Это позволяет максимально долго сохранять высокую работоспособность трудящихся, основанную на заботе о психофизиологическом здоровье человека, а также способствует заметному росту производительности труда, что сказывается на экономической эффективности всего производства и государства в целом.

Земля для сельскохозяйственной отрасли – главное средство производства. Большая часть работ (вспашка, посев, внесение минеральных удобрений и т.д.) проводится на открытом воздухе, соответственно, влияние на организм человека оказывают такие факторы, как запыленность, температура воздуха рабочей среды, влажность, и, как следствие, аллергические реакции, которые способны формировать различные патогенетические механизмы профессиональных и производственно обусловленных заболеваний. Специфика работ в сельском хозяйстве состоит также в их различной интенсивности относительно времени суток и сезонов, отсюда неравномерные нагрузки на организм человека. Всё это, как правило, приводит к повышенному травматизму.

Условия труда напрямую связаны с технологией производства и уровнем механизации, поэтому примеров вредных и опасных факторов, которые приводят к профзаболеваниям и утрате здоровья в АПК очень много.

Период посевной и уборочной работ – один из самых напряжённых и ответственных в сельском хозяйстве. На всех этапах проведения полевых работ необходимо обеспечивать безопасность их производства, надлежащие условия труда, быта, питания работающих путем соблюдения установленных для работников и должностных лиц требований охраны и гигиены труда, а также трудовой дисциплины. Отсюда и вытекают первые проблемы обеспечения безопасными и комфортными условиями работников сельскохозяйственных предприятий. Как показывает статистика, основными выявленными нарушениями являются неудовлетворительное содержание территорий, производственных и санитарно-бытовых помещений, ненормированный рабочий день работающих (в частности, это касается операторов мобильной сельскохозяйственной техники), не проведение в установленные сроки и в полном объеме лабораторных исследований факторов производственной среды, недостаточное обеспечение и оснащение санитарно-бытовых помещений, неудовлетворительное функционирование и содержание систем вентиляции/отопления, грубые нарушения работниками своих трудовых обязанностей. В большинстве своём основными причинами возникновения данных проблем являются неэффективная система управления охраной труда на предприятии, а также сложное финансовое положение организаций.



В настоящее время управление охраной труда в сельскохозяйственной отрасли страны претерпевает значительные трудности. Неблагоприятную ситуацию в области управления охраной труда подтверждают достаточно высокие абсолютные показатели, при этом одной из главных причин несчастных случаев является неудовлетворительная организация производства.

С учетом вышеизложенного необходимо подчеркнуть, что данные проблемы являются основными, но не исчерпывающими. В качестве некоторых вариантов решения вышеуказанных проблем могут быть обозначены следующие:

1. К основным мерам по предупреждению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости могут быть отнесены: приобретение средств индивидуальной защиты, проведение специальной оценки условий труда на рабочих местах, санаторно-курортное лечение пострадавших на производстве работников. При этом неотъемлемой задачей реализации управления охраной труда работников на предприятиях должен стать переход от реагирования на страховые случаи к управлению рисками повреждения здоровья работников.

2. Одним из главных направлений по снижению травматизма и сокращению нерациональных затрат на охрану труда является повышение эффективности управления охраной труда, в том числе ее экономической части. При этом важное значение имеет разработка экономических основ охраны труда, а также оценка проводимых мероприятий по улучшению условий и охраны труда на базе современных методов исследований, обоснование достаточности и целесообразности расходов на данные цели, с одной стороны, и анализ причиненного ущерба - с другой.

3. Достаточно важным аспектом в управлении охраной труда работников является ответственность работодателя. Следует подчеркнуть, что руководители должны соблюдать трудовое законодательство и иные нормативно-правовые акты, содержащие нормы трудового права

4. Одним из важнейших направлений совершенствования системы управления охраной труда должно стать повышение качества соответствующих образовательных услуг.

С учетом проводимой государством политики по сохранению здоровья трудоспособного населения необходимо совместно с органами власти и управления, на основе комплексной оценки состояния производственной среды и заболеваемости работающих на объектах агропромышленного комплекса, потребовать от руководителей организаций обеспечить выполнение мероприятий по улучшению условий и охраны труда, повысить персональную ответственность руководителей за создание здоровых и безопасных условий труда.



В сложившихся условиях требуется дальнейшее развитие и совершенствование системных методов управления охраной труда, включая профилактическую направленность на предупреждение вредного воздействия факторов производственной среды, снижения риска возникновения заболеваний и улучшения условий труда в АПК.

В странах Европейского союза сейчас активно поднимается вопрос о культуре охраны труда, которая является одним из главных элементов управления предприятием. Хотелось бы, чтобы и для нашей страны это стало нормой. Чтобы работа по охране труда не выполнялась чисто формально. Чтобы финансирование этих работ не осуществлялось по остаточному принципу. Чтобы многие значительные и незначительные несчастные случаи не скрывались порой в угоду «хорошей» статистике. Чтобы охрана труда действительно стала культурой. А поэтому изучение и решение проблем, связанных с обеспечением здоровых и безопасных условий, в которых протекает труд человека - одна из наиболее важных задач в разработке новых технологий и систем производства.

#### ***Список использованной литературы***

1. Анализ кинематических схем погрузочного оборудования одноковшовых фронтальных погрузчиков / А. Н. Смирнов [и др.] // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : матер. Межд. научно-практической конференции, Минск, 24-25 октября, 2019 г. : в 2 ч. Ч. 1. Минск : БГАТУ, 2019. С. 270-271.

2. Серебрякова Н.Г., Карпович А.М. Образовательные стандарты подготовки инженеров-механиков: мировой и отечественный опыт разработки. Профессиональное образование. 2018. № 2. С. 3-12.

3. Попов А. И., Синельников В. М. Проектирование системы обучения инновационной деятельности будущих инженеров сельскохозяйственного производства. Исследования, результаты. 2017. N 3. С. 413-420.

4. Серебряков И.А., Гурский А.С. Разработка стенда и способа для диагностирования роботизированных коробок передач DSG. Современные исследования 2018: сб. статей по материалам Межд. науч.-практ. конф., Нефтекамск, 6 февр. 2018 г. / Научно-издательский «Мир науки». Нефтекамск, Башкортостан, 2018. С. 155-160.

5. Гурский А.С. Стенд для диагностирования различных типов роботизированных коробок передач = Stand for diagnosis of various types robotic transmission. Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов. Безопасность дорожного движения : сб. науч. тр. / БНТУ [и др.]. Минск : БНТУ, 2016. С. 428-431.

УДК 332.1

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМ ВИРОБНИЦТВОМ

Болтянська Н. І., к.т.н.,

Шокарев О. М., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Першою аграрної революцією було одомашнення тварин і рослин, другою – впровадження сівозміни, третьою – «зелена революція» 60–х, а четверта почнеться як тільки обсяги використання інформаційно-комунікаційних технологій в сільському господарстві стануть рости по висхідній. Ознаки чергової революції видно вже зараз: роботи і безпілотники, які розробляються спеціально для сільського господарства, механізація видалення бур'янів і внесення добрив або збору фруктів. Безпілотники завдяки появі легких і потужних гіперспектральних камер дозволили обчислювати біомасу і забезпеченість рослин елементами живлення, створивши базу для розробки більш складних і точних рекомендацій фермерам. Більш того, розроблені моделі дерева прийняття рішень дозволили розрізнати хвороби рослин по візуальній інформації. А технології «віртуальної огорожі» дозволяють віддалено пасти худобу, використовуючи дистанційний моніторинг за допомогою датчиків і сенсорів, встановлених на тілі тварин [1-3].

Сполучені разом, ці технології викликали революційні зміни в сільському господарстві, і не тільки в розвинених країнах, але і в менш розвинених, де мобільні та інтернет-технології теж швидко поширюються [4].

Розглядаючи ключові трактування досліджуваної проблеми, можна сказати, що цифровізацію доцільно розглядати як визнаний механізм економічного зростання завдяки здатності технологій позитивно впливати на ефективність, результативність, вартість і якість економічної, суспільно-політичної та особистої діяльності.

Цифрові технології – це одночасно величезний ринок і індустрія, а також платформа ефективності та конкурентоспроможності всіх інших ринків і індустрій. Високотехнологічне виробництво і модернізація АПК за допомогою інформаційно-комунікаційних і цифрових технологій, масштаб і темп цифрових трансформацій повинні стати пріоритетом нашого економічного розвитку [5-7].

В даний час процес формування інноваційної системи в Україні, зокрема в агропромисловому комплексі, відбувається у вкрай несприятливих умовах: недостатнє забезпечення наукової сфери матеріально-

технічними ресурсами, втрата висококваліфікованих працівників, відповідно високий рівень безробіття, бідність сільського населення, низький рівень якості життя сільського населення, нераціональне використання потенціалу аграрної сфери. Всі ці фактори знижують рівень інвестиційної привабливості сільських територій і перешкоджають процесам їх соціально-економічного розвитку.

Для цифровізації сільськогосподарського виробництва в Україні є реальні перешкоди. Це, перш за все, дрібнотоварне сільськогосподарське виробництво. Основна частина сільськогосподарської продукції (87,4% в 2018 р.) Проводиться населенням і селянсько-фермерськими господарствами, на частку сільськогосподарських організацій припадає лише 12,6% загального обсягу продукції галузі [8,9].

Наступною причиною недостатнього використання інформаційних технологій в аграрному секторі є його недостатня державна підтримка. Галузь низькорентабельна і часом збиткова, а коштів не те, що на цифровізацію, на придбання найнеобхіднішого не вистачає.

Іншою об'єктивною причиною низького рівня використання інформаційних технологій в АПК є занадто низький стартовий рівень застосування ІКТ в даній сфері. Застосування інформаційних технологій в аграрній сфері в більшості випадків обмежувалося використанням комп'ютерної техніки та програм офісного призначення, а в ряді випадків і спеціальних програм для бухгалтерського обліку [10].

Подальший розвиток аграрного бізнесу неможливий без використання інформаційних технологій в даній сфері. Основними драйверами цифровізації агробізнесу, як показує світова і вітчизняна практика, є (рис. 1.):



**Рис. 1. Основні драйвера цифровізації агробізнесу**

1. Безпілотні літальні апарати (БПЛА, дрони). Дрони сьогодні в стані аналізувати ґрунт, виявляти ділянки, що вимагають поливу або

нанесення добрива, точкового поливу, внесення добрива та обробку заражених шкідниками рослин. Але при всіх своїх перевагах дрони мають і свої недоліки: їх експлуатація залежить від погодних умов, а їх придбання дуже дороге задоволення, яке може дозволити лише велике господарство.

2. Розумні трактори і комбайни, які працюють в безпілотному режимі.

3. Інтернет речей (IoT) в аграрній сфері, в тому числі технології радіочастотної ідентифікації, які дозволяють використовувати мітки для ідентифікації та обліку тварин, і тим самим істотно підвищують рівень продовольчої безпеки. Провідними напрямками застосування IoT в сільському господарстві країни є: точне землеробство, розумні ферми і теплиці, управління технікою і сировиною. Технології «точного землеробства» дозволяють на основі даних, одержуваних з датчиків в реальному часі про ґрунт, погоду, якості повітря і рівня зволоження, допомагають приймати фермерам ефективні управлінські рішення щодо посадки і збору врожаю.

4. ГІС-технології (включаючи дистанційне зондування землі).

Одним з найбільш перспективних напрямків підвищення ефективності управління сільськогосподарським виробництвом є використання інформаційних систем на базі геоінформаційних технологій. Подібні системи дозволяють вирішувати такі завдання:

- інформаційна підтримка прийняття рішень на базі накопичених даних цифрової моделі місцевості, дистанційного зондування земель, характеристик ґрунтів, використання земельних ресурсів;
- планування агротехнічних операцій з прив'язкою всіх необхідних земельних, трудових і матеріально-технічних ресурсів у часі і просторі;
- моніторинг агротехнічних операцій і стану посівів на основі отримання даних агрохімічного аналізу ґрунтів по кожній робочій ділянці поля;
- прогнозування врожайності культур і оцінка втрат за допомогою спостереження за станом посівів з урахуванням впливу природно-кліматичних умов;
- планування, моніторинг та аналіз використання техніки.

У період сільськогосподарських робіт аграріям доводиться приймати більш сорока управлінських рішень (що сіяти, коли сіяти, де сіяти, яке насіння використовувати, як обробляти землю і посіви, які добрива використовувати, коли і як поливати, коли починати збір врожаю та ін.). Недолік інформації призводить до прорахунків при прийнятті управлінських рішень і в підсумку втрачається 40% врожаю до його збору, тобто зі ста тон потенційного врожаю збирається шістдесят. Відсутність інформації та помилки в управлінні по ланках логістичного ланцюга «поле-транспорт-склад-зберігання-переробка-магазин» призводить до втрати ще 40% зібраного врожаю, тобто від шістдесяти тон

зібраного врожаю до споживача доходить тридцять шість тон продукції, а недоотримується шістдесят чотири тони продукції. Лише одну третину втрат можна списати на погоду, а решта втрати – результат не ефективних рішень через відсутність інформації. Ось чому так важливо використовувати інформаційні технології в сільському господарстві, включаючи підключення аграріїв до платформи систем простежуваності насіннєвого матеріалу і системи наскрізної простежуваності продукції тваринництва.

Цифровізація в аграрному секторі дозволить також проектувати і впроваджувати складні логістичні інформаційні системи, що включають в єдиний процес сільськогосподарське виробництво, переробку і зберігання сільськогосподарської сировини, її транспортування, а також оптову та роздрібну торгівлю. До того ж цифровізація товарних потоків сільгосппродукції дрібних господарств уможливує формування з обсягів продукції дрібних господарств достатніх торгових партій для великих замовлень і експорту продукції АПК [5,11].

Найважливішу роль в цифровізації сільських територій належить розвитку сільської електронної торгівлі. В Україні ще не приступили до реалізації на селі основної переваги електронної комерції – це онлайн-доступ, незалежно від територіальних і національних кордонів. Розвиток електронної торгівлі сільгосппродукцією, а також електронної торгівлі предметами споживання для сільських жителів має величезні резерви розвитку сільських територій. У нас поки немає статистики сільської електронної торгівлі.

Нарешті, програма цифровізації села не може бути реалізована без кадрового забезпечення. У сільській місцевості є кадровий голод не тільки в ІТ фахівцях, а й у звичайних шкільних вчителів з інформатики. Інформатику в сільських школах викладають вчителями інших предметів. Виникає законне питання: хто буде реалізовувати на селі ІТ-технології? Проблема ця не місцева, а державна. За мізерну заробітну плату в сільській місцевості не буде працювати педагогом хороший інформатик. Найкращим вирішенням цієї проблеми, а також завдання індивідуалізації процесу навчання є використання в процесі професійної підготовки ІТ-фахівців дистанційних освітніх технологій

Інформаційно-цифрові технології в сільському господарстві вже успішно застосовуються в провідних країнах Азіатсько-Тихоокеанського регіону при створенні системи електронного сільського господарства в аграрному сегменті національних економік, а також в провідних країнах Європейського Союзу і Америки.

При глобальному переході на цифрові технології вітчизняні виробники зможуть займати різні високоприбуткові ніші в наукомістких послуги для сільського господарства і харчової промисловості, серед яких



– передові рішення в області біотехнологій, інформаційно-комунікаційних технологій, робототехніки, аерокосмічної промисловості, відновлення природного середовища та проектування екосистем.

### *Список використаних джерел*

1. Скляр Р. В., Комар А. С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
2. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник НУБіП. Серія Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип.212, ч.1. С. 275-283.
3. Skliar A., Boltianskyi B. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.
4. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production». 2019. Uman. 18-20.
5. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll. scientific-works of Intern. Research Practice Conf. «Topical issues of development of agrarian science in Ukraine». Nizhin, 2019. Pp. 84–91.
6. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. TDATU Scientific Bulletin. 2018. Issue 8. Vol. 2. Pp. 44–56.
7. Болтянська Н. І. Забезпечення якості продукції у галузі сільськогосподарського машинобудування. Науковий вісник НУБіП. Серія «Техніка та енергетика АПК». Київ. 2014. Вип.196, ч.1. С. 239–245.
8. Болтянська Н. І. Забезпечення якості продукції у галузі сільськогосподарського машинобудування. Науковий вісник НУБіП. Серія «Техніка та енергетика АПК». Київ. 2014. Вип.196, ч.1. С. 239–245.
9. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.
10. Boltianskaya N. I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.
11. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. на-учн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.



УДК 631.58:631.147

## СИСТЕМА ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ОРГАНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Ярошенко І.О. 11 АІ група

Чорна Т.С., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Сьогодні одним з основних питань, що постає перед кожним, хто мешкає на планеті Земля, є питання якісної їжі. Тому більшість виробників свідомо відносяться до переходу на виробництво якісної продукції, але перед ними постає ряд питань, які ускладнюють швидкі зміни в технологіях вирощування. Однією з систем біологічного землеробства є органічне рослинництво. З метою збереження якості земель воно балансує між продуктивністю агроценозу і деградацією навколишнього середовища (рис. 1) [1, 2].

### Модель системи органічного землеробства



Рис. 1. Модель системи органічного землеробства [3]

Система враховує базовий принцип розвитку планети, оскільки виникнення життя на Землі було забезпечено двома глобальними процесами, які й зараз, і в майбутньому будуть підтримувати розвиток біосфери. До них належить фотосинтез і азотфіксація в усіх її проявах [4]. Саме регулюванню цих процесів найбільшою мірою і підпорядковане органічне землеробство, оскільки його технологічні прийоми забезпечують ефективне використання позитивних факторів навколишнього середовища, насамперед, шляхом збільшення їхньої питомої ваги у процесі продукування основних біотичних компонентів [5].

**Метою** даної роботи є аналіз існуючих систем обробітку та вибір раціонального варіанту використання за даних умов.

**Основні матеріали.** Однією з основних операцій за традиційних технологій є обробіток ґрунту [6]. Основний обробіток ґрунту використовують на переуцільнених і забур'ячених полях. Оранка з передплужниками дозволяє замість перемішування його шарів виконати їх переміщення. Це дозволить відбуватися природним процесам відновлення структури ґрунту. Але виконувати цю операцію можливо лише 1 раз на 3...5 років в залежності від умов. Альтернативним варіантом обробітку за наявності переуцільнених шарів є використання чизельних робочих органів. Їх також використовують при консервуючому обробітку ґрунту.

При проведенні поверхневого обробітку ґрунту використовують такі прийоми як лушення, дискування, боронування, культивування, коткування. Теоретичною базою ґрунтозахисного мілкового обробітку ґрунту без обороту пласта стало розуміння того, що такий обробіток зберігає природну структуру, капілярність ґрунту, оскільки не руйнує мікроканалів, створюваних черв'яками і корінням, яке розкладається. Головною вимогою мілкового обробітку ґрунту є підрізання кореневої системи без її видалення з ґрунту. При цьому поверхня покривається перегнійним шаром органіки різного походження, завдяки якому рослини і біота отримують поживні речовини, зменшується ризик утворення кірки. Мілкий обробіток забезпечує значний протиерозійний ефект. Він дає можливість максимально використовувати ґрунтозахисні властивості багаторічних трав, які створюють вертикальну орієнтацію пор аерації, що покращує структуру ґрунту і запобігає водній ерозії під час випадання інтенсивних дощів. Коли стік майже відсутній, вода по ходах кореневої системи рослин проникає на глибину 45–55 см і вже там розходить по капілярах. При системному поверхневому обробітку ґрунту і вирощуванні багаторічних трав зменшуються щільність та покращуються водно-фізичні властивості ґрунту, зникає ґрунтова підошва, яка неминуха при традиційній оранці і перешкоджає руху вологи в ґрунті. При використанні технологій No-till та Strip-till ключовим моментом у розуцільненні ґрунту є використання покривних культур та їх сумішей. Саме правильно підібраний склад коктейлю дає змогу не тільки

наситити необхідними поживними елементами, але й розущільнити глибинні шари, а також дати живлення для корисної біоти. Нажаль, більшість полів мають її вузький спектр. Тут на допомогу фермерам приходять ЕМ-технології. Внесення корисних бактерій у період оптимальний для їх розвитку дозволяє підтримувати рівновагу їх життєдіяльності на полях. А наявність життя у будь-яку пору року у ґрунті дає змогу мати здоровий ґрунт.

**Висновок.** Таким чином, використання різних способів обробітку у поєднанні з елементами ЕМ-технологій дозволяє вирощувати якісну продукцію за будь-яких природних умов, а також знизити витрати на виробництво якісної органічної продукції.

### *Список використаних джерел*

1. Біологічне, органічне та біодинамічне землеробство – як врятувати ґрунти і людей: KURKUL – он-лайн помічник фермера. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/721-biologichne-organichne-ta-bio-dinamichne-zemlerobstvo--yak-vryatuvati-grunti-i-lyudey>

2. Кушнарєв А.С. Черная Т.С. Энергетическая концепция развития систем технологий в земледелии. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, 2016. Вип. 6. Т. 3. С. 41-71.

3. Писаренко В.М. Антонєць А.С., Лук'яненко Г.В., Писаренко П.В. Система органічного землеробства агроєколога С.С. Антонця. Полтава: Громадська спілка «Полтавське товариство сільського господарства». 2016. 131 с. URL: <https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/node/3483/sistemaorganichnogozemlerobstvaantontsya.pdf>

4. Умаров М.М. Ассоциативная азотфиксация. М.: МГУ. 1986. 136 с.

5. Шабала М. О., Чорна Т. С., Зоря М. В. Ґрунтозахисна технологія вирощування кукурудзи. 2009. № 4. С. 10-11.

6. Шабала М.О., Чорна Т.С. Система обробітку ґрунту при вирощуванні органічної продукції. Науковий вісник ТДАТУ: електрон. наук. фах. видання; Вип. 2, т. 5. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/548>

УДК 631.333.92:631.22.018

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕТАНОГЕНЕРАЦІЇ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ

Скляр Р.В., к.т.н.

Григоренко С.М., асистент

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

У сучасному світі велика увага приділяється проблемі поновлюваних і альтернативних джерел електричної і теплової енергії [1-3]. При цьому проекти, що вирішують завдання поліпшення екологічної обстановки і одночасно отримання електричної та теплової енергії, є в даний час унікальними.

Переробка гною з отриманням біогазу, добрив та інших супутніх продуктів вирішує проблеми захисту навколишнього середовища, підвищення родючості земель, отримання екологічно чистого виду енергії [3,4]. По даній проблемі проведені численні дослідження [4-7], особливо з питання визначення потенціалу виходу метану з різних сільськогосподарських відходів, за оцінкою і оптимізацією умов виробництва біогазу. Розроблені численні моделі, що враховують біологічні та фізико-хімічні основи анаеробного бродіння, а також кінетику росту метанотвірних мікроорганізмів. При оцінці загальної швидкості виробництва біогазу в анаеробних реакторах лімітуючою стадією виступає метаногенна стадія, незважаючи на те, що метанотвірні бактерії мають більш низьку швидкість росту, ніж кислототвірні бактерії [4,5]. Кінетичні параметри виробництва метану полегшують розуміння процесу метаногенезу і оптимізацію роботи біогазових установок.

Технологічне рішення переробки в реакторі біогазової установки чистого пташиного посліду являє собою складну задачу, до сих пір серйозно не вирішуване європейськими виробниками подібних установок [3,4]. Складність полягає в тому, що при переробці пташиного посліду всередині реактора підвищується концентрація іонів амонію ( $\text{NH}_4$ ), зростає кислотність (рН), і реакція гасне частково або повністю [5].

Розповсюдженими способами вирішення цієї проблеми є підмішування ко-субстратів, багатих вуглецем (наприклад, силосних трав), або додавання реагентів, які пов'язують амоній. У першому випадку складність полягає в доступності інших видів сировини, а в другому випадку зброджувану сировину складно буде класифікувати як біодобрива і застосовувати для органічного землеробства, так як при виготовленні шламу використовуються неорганічні реагенти.

Для анаеробного бродіння в реакторі біогазової установки оптимальним вважається співвідношення вуглецю і азоту (C:N) у вихідній суміші сировини 15:1. Для пташиного посліду це співвідношення становить 8:1 [5]. Секрет полягає в особливостях травлення птиці. На відміну від жуйних тварин, птиця перетравлює лише малу частину поживних речовин корму, тому послід виходить багатим неперетравленими білками і протеїнами, з яких в процесі гідролізу і виділяються іони амонію. Подібними ж властивостями, хоча і в меншій мірі, володіють травні тракти свиней і навіть людей. І тільки коров'ячий гній ідеально підходить для реакції анаеробного бродіння, але через малий вміст поживних речовин вихід біогазу з гною великої рогатої худоби невисокий.

Процес анаеробного бродіння з виділенням біогазу умовно поділяють на чотири фази по типу процесів, що відбуваються [6,8]. Це фаза гідролізу, ацидогенезу, ацетогенезу і метаногенезу. У кожній фазі працює свій тип бактерій. На фазі гідролізу бактерії розщеплюють жири, білки і вуглеводи на більш прості молекули, типу цукрів, амінокислот і т.п. Бактерії, що працюють в цій фазі, ефективніше функціонують при температурах психрофільного режиму. Тому існує технологія двостадійного анаеробного бродіння, коли реакція відбувається в двох послідовно з'єднаних ємностях [4,7]. У першій ємності відбуваються дві перші фази анаеробного бродіння при температурі 25 °С. У другій ємності відбуваються третя і четверта фази при температурі 37...38 °С. Таке рішення дозволяє оптимізувати і стабілізувати протікання процесу для деяких типів сировини. На фазі ацидогенезу утворюються різні органічні кислоти. На фазі ацетогенезу утворюється оцтова кислота. І на фазі метаногенезу утворюється біогаз.

Для забезпечення можливості метаногенерації пташиного посліду необхідно запровадити наступні умови:

1. Фізичне відокремлення двох перших фаз анаеробного бродіння, що дозволить зосередитися на створенні найсприятливіших умов саме для бактерій 3 і 4 фази, а також використовувати реактор гідролізу в якості місця приготування оптимальної поживної суміші для бактерій 3 і 4 фази.

2. Імобілізація бактерій, яка відбудеться за рахунок зміни конструкції реактора, і дозволить домогтися високої стійкості і живучості всієї спільноти бактерій ферментатора. Це особливо важливо у зв'язку з тим, що бактерії цих фаз мають дуже низьку швидкість ділення. Тим самим знизиться вплив несприятливих факторів на загальну виживаність біологічного середовища ферментатора.

3. Гідравлічна багатоканальна і багатоточна система перемішування субстрату в реакторі [9]. Сучасні реактори стандартної європейської конструкції не дозволяють застосовувати метод імобілізації бактерій, оскільки цьому заважають механічні системи перемішування, що застосовуються. Гідравлічна система перемішування субстрату в



реакторі дозволить якісно і рівномірно перемішати вміст ферментатора при будь-якій геометричній конфігурації засобів іммобілізації бактерій, а також направляти рух субстрату в реакторі по заданій траєкторії.

4. Для анаеробних бактерій дуже важливо не тільки правильне витримання температури реакції, але і першої похідної температури по часу в вузьких жорстких рамках. Сучасна європейська методика обігріву субстрату стінками реактора або зовнішнім теплообмінником дозволяє підтримувати ці параметри досить грубо [6,7]. Оптимальним способом підігріву є «тепла підлога». Дана система забезпечить максимальну рівномірність прогріву субстрату в реакторі, а також не загромаджує внутрішній простір в реакторі. А система гідравлічного перемішування з забиранням субстрату з днища реактора позбавить від скупчення на днище осаду, що перешкоджає рівномірному і ефективному прогріванню субстрату.

5. Загальний утеплений купол дозволить помітно зменшити загальну вартість установки за рахунок утилізації вторинного тепла, «втраченого» реакторами, для цілей обігріву всіх комунікацій, допоміжних блоків і приміщень установки. Тим самим купол позбавить від впливу на реакцію великих коливань зовнішньої температури і вологості [8], дозволяючи створювати як конструкції для особливо холодного клімату, так і для жарких тропічних країн. У жаркому кліматі купол дозволить підтримувати зовні реакторів і в службових приміщеннях комфортну температуру методом кондиціонування.

У запропонованій установці використовуються всі три режими. Реактор гідролізу і гомогенізатор - психрофільний режим; основний ферментатор (метантенк) - мезофільний режим; доброджувач (додатковий метантенк періодичної дії) - термофільний режим. Основна патогенна мікрофлора гине в ферментаторі (через неприйнятні для їх існування умови), а особливе стійкі патогенні мікроорганізми гинуть в доброджувачі за рахунок підвищеної температури.

Для отримання можливості максимально ефективного використання біогазової установки [10] в її розробці використовують наступні унікальні технічні рішення:

1. Наявність укриття-ковпака з сучасного матеріалу забезпечить постійну температуру всього комплексу і таким чином зведе нанівець ризику негативного кліматичного впливу (різкі перепади температур і вологості) і підвищить енергоефективність комплексу шляхом мінімізації втрат енергії в атмосферу.

2. Передбачити можливість адаптації біогазової установки під особливості конкретного підприємства. Встановлення оптимальних силових показників, чітке дотримання яких суворо обмовляється, і є гарантією успішності роботи біогазової установки. Тільки після цього виготовлюється біогазова установка в реальному масштабі, запускається



на місці виробництва, проходить випробування і далі транспортується на місце свого цільового базування.

3. Стіни ємностей, їх кришки і стіни купола виготовити з панелей 1,2\*4 м - багатошаровий пластик. Плановий термін експлуатації панелей - 50 років.

4. Передбачити двостадійну переробку з використанням попереднього реактора гідролізу.

5. Бактерії ацетогенів і метаногенів мобілізуються в основному ферментаторі.

6. Багатоканальна багатоточна система гідравлічного перемішування - перерозподілу субстрату функціонує всередині ферментатора.

7. Спеціальна конструкція фундаменту реакторів дозволить термоізулювати днище реактора від підстильної поверхні землі.

8. Передбачити систему обігріву субстрату методом «тепла підлога».

9. Додатковий загальний утеплений купол покриває всі реактори та інші функціональні блоки і комунікації біогазової установки.

Завантаження в приймальну ємність проводиться за фактичним надходженням посліду. З приймальної ємності, в міру її заповнення, послід надходить в гомогенізатор [10,11]. Об'єм гомогенізатора - не менше дводобового об'єму сировини, що поступає, з урахуванням об'єму води, необхідної до доведення вологості субстрату до 90%. Кількість води, що додається, залежить від вологості посліду, щільності сухої речовини, щільності субстрату. Суха речовина сировини складається з органічних і неорганічних речовин. Їх співвідношення характеризується таким параметром як зольність. Ці параметри визначаються експериментально в процесі роботи лабораторної технологічної установки [10], а також в лабораторних умовах. З гомогенізатора розбавлений субстрат надходить в гідроліз порціями, рівними 1/12 загального об'єму камери гідролізу. Періодичність надходження визначається програмою і коригується автоматикою виходячи з даних датчиків по PH, NH<sub>3</sub> тощо [8,10]. В гомогенізатор частково надходить віджатий і спеціально підготовлений фільтрат. Об'єм води і субстрату весь час коригуються таким чином, щоб вологість вихідного субстрату була 90...92%. Відсоток заповнення реакторів стабільний і дорівнює 80%. Час надходження субстрату в біогазову установку становить 12 діб.

Пропонована біогазова установка із загальним утепленим куполом забезпечує максимальну незалежність технології виробництва біогазу від зовнішніх кліматичних умов [7,8]. Всі елементи біогазової установки знаходяться всередині легкого матерчатого купола, який, з одного боку, захищає від атмосферного впливу, з іншого боку, забезпечує відносно стабільну температуру всередині купола, що має важливе значення для проходження технологічних процесів. Каркас купола складається з вертикальних і похилих колон, а також кровляної системи, що

рівномірно спирається на всі колони. Другий продукт роботи біогазової установки - біогумус. В процесі роботи біогазової установки виділяється не тільки біогаз. Розкладанню піддається тільки органічна суха речовина [8,10]. Такі складові субстрату, як вода і неорганічні включення (пісок, зола і ін.) виходять з реактора в незмінному вигляді. У біогаз, воду і мінеральні солі перетворюється зазвичай 40...60% органічної речовини. Глибина розкладання рідко перевищує 80% [7]. Співвідношення органічної сухої речовини до загальної маси субстрату зазвичай становить не більше 10%, тому при додаванні свіжого субстрату в реактор біогазової установки з нього виливається майже стільки ж шламу (збродженого субстрату), скільки залилося. Шлам (метановий ефлюент) являє собою якісне добриво чисто органічного походження. В процесі бродіння субстрату в реакторі всі потенційно шкідливі для навколишнього середовища фактори, присутні у вихідній сировині, зникають, тому шлам зазвичай має слабкий запах печеного хліба.

Шлам біогазової установки [11] складається з води, неорганічних нерозчинних речовин, неорганічних розчинних солей (серед яких переважають солі, що містять азот, фосфор і калій), частково розкладених органічних сполук, серед яких є такі корисні речовини, як гумінові кислоти, фульвокислоти, різні вітаміни, і бактерій, які забезпечували процес анаеробного бродіння. Все це при внесенні в ґрунт забезпечує харчування для рослин, прискорює їх зростання, покращує їх опірність хворобам. Через здатність оздоровлювати ґрунт шлам біогазової установки часто називають біогумусом. Особливо часто цю назву застосовують для відсепарованого шламу, тобто віджатого до вологості 75%. Такий віджятий шлам за зовнішнім виглядом вже сам по собі нагадує шар плодорідного ґрунту. Крім інших переваг, біогумус є вкрай економічним добривом. Якщо виразити нормативи внесення шламу в кількостях азоту, фосфору і калію [11,12], то вони також будуть нижчими, ніж подібні нормативи для внесення штучно синтезованих мінеральних добрив. Таким чином, побічний продукт виробництва біогазу - шлам біогазової установки, або біогумус - ефективний і економічний відновник ґрунту, концентроване джерело ґрунтових мікроорганізмів, життєдіяльність яких повністю відновлює бідні і виснажені ґрунти [11]. Після внесення біогумусу ґрунт на кілька років набуває свою первісну силу і родючість.

*Висновки.* Реалізація концепції застосування біогазової установки для отримання біогазу і біогумусу дозволить підприємству при спалюванні отриманого біогазу на 25% задовольнити потребу в теплі, що використовується для вирощування птиці цілий рік. Продаж отриманого біодобрива дозволить додатково компенсувати ще 30% ...40% поточних витрат на тепло. Запропонована технологія переробки пташиного посліду підвищить соціальну відповідальність бізнесу в справі поліпшення екологічної обстановки в країні, частково вирішить проблеми

підвищення енергоефективності підприємства за рахунок зниження споживання зовнішніх енергетичних ресурсів. В цілому впровадження біогазової установки підвищить економічну ефективність роботи підприємства за рахунок зниження собівартості основного виробництва - продукції, що випускається.

**Список використаних джерел**

1. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
2. Войтов В.А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100-109. DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-100-109.
3. Скляр Р.В. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва. Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 298-304.
4. Болтянська Н.І. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
5. Мілько Д.О. Особливості процесу метаногенерації пташиного посліду. Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання. – Вип.8. Т.2.- Мелітополь: ТДАТУ, 2018. (DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-6)
6. Скляр О.Г. Аналіз роботи біогазових установок. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. Вип. № 10 (109). ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. С. 132-138.
7. Skliar A., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa. Lublin, 2014. Vol.16. No2. b. P.183-188.
8. Скляр О.Г. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродиння. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Харків, 2015. Вип. 156. С. 649-655.
9. Скляр Р.В., Скляр О.Г. Обґрунтування способу перемішування субстрату для експериментальної біогазової установки. Науковий вісник ТДАТУ [Електронний ресурс]. Мелітополь, 2020. Вип. 10. Т. 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-6
10. Скляр О.Г. Програма та методика експериментальних досліджень на лабораторній біогазовій установці. Вісник Харківського національного університету с. г. ім. П. Василенка: наукове фахове видання. Харків, 2019. Вип.199. С. 267-275.
11. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Властивості біодобрих, що отримуються після анаеробної ферментації гною. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 13. Т.3. С.110-118.
12. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 631.31

## ЗНОСОСТІЙКІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ УДАРНО-АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ

Савченко В.М.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Борак К.В.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Голощук В.О.<sup>1</sup>, магістрант,  
Гордієнко В.С.<sup>1</sup>, магістрант.

<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

**Постановка проблеми.** В результаті тільки абразивного зношування втрати в економіці нашої країни сягають до 7% ВВП. Найбільш інтенсивно процес зношування відбувається при ударно абразивному зношуванні. В сільському господарстві ударно-абразивному зношуванню піддаються активні робочі органи ґрунтообробних машин, ковші екскаваторів, ланцюги елеваторів, що працюють з сипкими матеріалами та багато інших деталей машин. Інтенсивність ударно-абразивного зношування деталей машин залежить від багатьох факторів: фізико-механічних, хімічних та трибо технічних властивостей матеріалу, інтенсивності удару, швидкості відносно переміщення, коефіцієнта форми абразивних частинок, розміру абразивних частинок, питомого тиску, хімічного фактору в абразивному середовищі, твердості абразивних частинок, тощо. Для ударно-абразивного зношування характерною рисою є наявність на поверхні тертя слідів мікрорізання, вм'ятин та каверн (рис. 1, а) на відміну від абразивного зношування (рис. 1, б)

Для усунення цих негативних явищ необхідно проводити зміцнення робочої поверхні спеціальними матеріалами.

**Основні матеріали дослідження.** Ударно-абразивне зношування є найбільш важким видом абразивного зношування. Інтенсивність ударно-абразивного зношування може в 2...3 рази перевищувати інтенсивність зношування абразивного зношування для одного і того ж матеріалу.

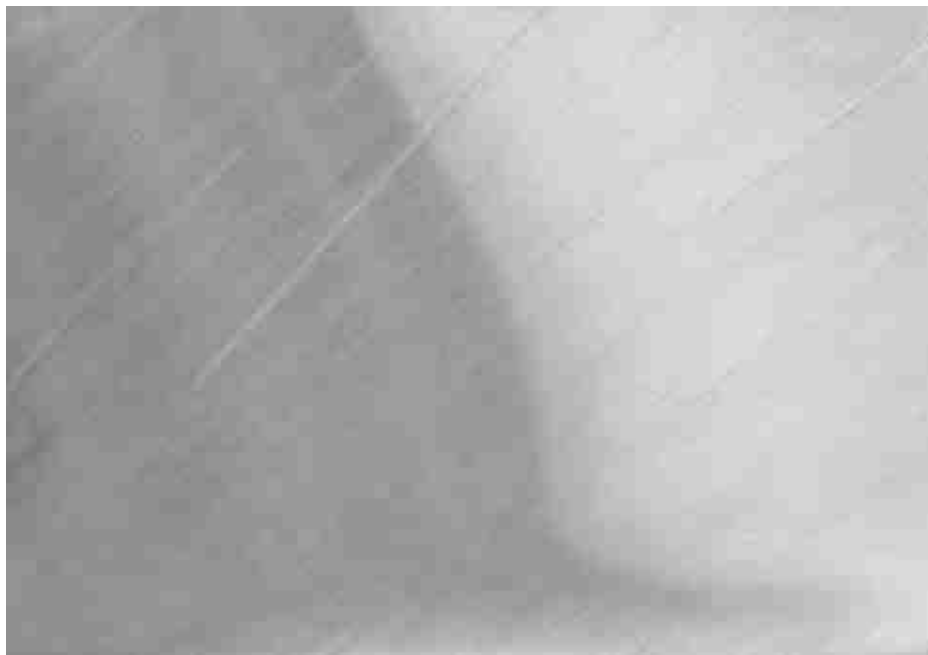
В нашій країні для підвищення довговічності та зносостійкості деталей машин, що працюють в умовах-ударно абразивного зношування застосовують наплавлявальні матеріали. В сільському господарстві найчастіше використовують ручне дугове зварювання покритим електродом. На практиці для зміцнення деталей машин, що працюють в умовах ударно-абразивного зношування застосовують матеріали, які призначенні для абразивного зношування (електрод Т-590).

Здатність поверхні тертя запобігати негативним явищам ударно-абразивного зношування є складною функцією взаємозв'язаних і неза-

лежних параметрів. В останні роки в Україні почали виготовляти зносостійкі електроди для ударно-абразивного зношування Т-620. Хімічний склад наплавленого шару представлено в табл. 1.



а)



б)

**Рис. 1. Стан поверхні тертя в результаті**  
а – ударно абразивного зношування; б – абразивного зношування.

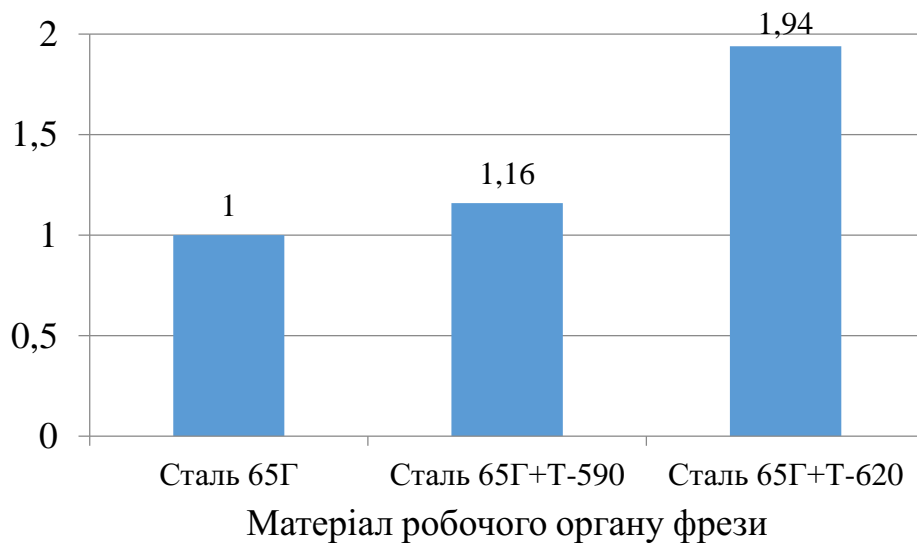


Таблиця 1

**Хімічний склад шару наплавленого металу (електрод Т-620)**

С	Mn	Si	Cr	Ti	В
3,2	1,2	2,2	23,0	1,3	1,4

Для визначення впливу наплавленого шару електрод Т-620 на ступінь підвищення зносостійкості деталей машин, що працюють в умовах ударно-абразивного зношування проведені відповідні дослідження. Дослідження проводили на деталях фрези Vomet-2,1. Робочі органи фрези були виготовлені зі сталі 65Г і зміцненні за рахунок нанесення зносостійкого шару ручним дуговим зварюванням електродами Т-590 та Т-620. Результати досліджень представлені на рис. 2.

**Рис. 2. Відносна зносостійкість робочих органів фрези Vomet-2,1.**

Як видно з рис. 2 зносостійкість робочих органів фрези з нанесеним зносостійким шаром електродом Т-620 майже в два рази вище за зносостійкість серійних робочих органів і суттєво вище за робочі органи наплавлені електродом Т-590.

**Висновки.** Використання спеціальних наплавочних матеріалів для деталей машин, які працюють в умовах ударно-абразивного зношування дозволяють суттєво підвищити зносостійкість даних деталей в порівнянні з наплавочними матеріалами, які призначені суцього для абразивного зношування.

УДК 631.171

**ВИКОРИСТАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ У ТВАРИННИЦТВІ**

Болтянська Н.І., к.т.н.,

Вуколов В.І. магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Конкурентоспроможність сільськогосподарського виробництва можлива тільки за умови швидкого впровадження інноваційних технологій. Це стосується як інтенсифікації процесів виробництва продукції, так і підвищення її якості і безпеки, зокрема зниження негативної дії на навколишнє середовище. Здоров'я людини безпосередньо залежить від якості споживаних продуктів харчування, тому сьогодні, враховуючи, що навколишнє середовище забруднене промисловими і побутовими відходами, фахівці серйозно стурбовані безпекою м'яса, молока, яєць, риби. Нанотехнології – методи управління наночастками, в результаті яких розробляються нові методи обробки, виготовлення, зміни стану, властивостей, форми сировини, матеріалу або напівфабрикату [1-3].

На думку багатьох експертів, ХХІ ст. буде століттям нанонауки і нанотехнологій, які і визначать його обличчя. Вплив нанотехнологій на життя обіцяє мати загальний характер, змінити економіку і за-зворушити усі сторони побуту, роботи, соціальних відносин. За допомогою нанотехнологій ми зможемо економити час, отримувати більше благ за меншу ціну, постійно підвищувати рівень і якість життя.

Головна надія нанотехнологій пов'язана з тим, що вдасться рухатися не «згори вниз», а «знизу вгору», тобто вирощувати наноструктури, наноматеріали, нанооб'єкти. Нанотехнології вимагають великих обсягів матеріалів і збирати їх атом за атомом неможливо. Тому є два основних ключа до нанотехнологій [4-6]:

1. Потрібно організувати процеси так, щоб наноструктури збиралися самі, утворюючи те, чого б нам хотілося. Іншими словами, це процеси самоорганізації, самоформування і самозбірки.

2. Рішення багатьох проблем нанотехнологій вимагає спільної діяльності фізиків, хіміків, математиків, біологів – спільної мови, понять і моделей – міждисциплінарного підходу. Крім того, саме широкий міждисциплінарний погляд дає розуміння того, чого в принципі можливо досягти, чого хотілося б досягти і – головне – чого хотілося б уникнути. Тут першорядне значення набуває проектування майбутнього, в якому технологічні, економічні, політичні, військові та соціальні проблеми виявляються значно більше взаємопов'язані, ніж нині. Це обумовлено абсолютно новими технологічними можливостями. Насправді,

щоб нанотехнології не залишилися науковою фантастикою, вони повинні знайти своє місце в економіці, включитися в існуючі економічні цикли або створити нові. Це вимагає активного моніторингу та супроводу на всіх етапах від лабораторії до ринку. Це якісно новий рівень управління, що дозволяє вирішувати організаційно-економічні проблеми небаченого рівня складності [7,8].

У розвинених країнах усвідомлення ключової ролі, яку вже в недалекому майбутньому будуть відігравати результати робіт з нанотехнологій, призвело до розробки широкомасштабних програм їх розвитку та державної підтримки.

З числа технологічно просунутих країн Україна до цього часу не має програми розвитку нанотехнологій загальнодержавного масштабу. Дослідження в цьому напрямку проводяться в рамках академічних інститутів, частково вузів, входять окремими розділами в галузеві програми, але, як правило, не завершуються практичним впровадженням результатів. Більш того, навіть здійснити закордонне патентування вітчизняних винаходів, як правило, не вдається. Розчинення проблематики нанотехнологій в окремих розділах галузевих програм не дозволяє навіть оцінити, скільки коштів виділяється державою на їх розвиток. За існуючими оптимістичними оцінками - кілька десятків мільйонів доларів США. При цьому сотні висококласних українських фахівців, які могли б скласти цвіт вітчизняної нанотехнології, змушені працювати за кордоном. Відсутність загальнодержавної програми, чіткої цільової установки на промислове впровадження розробок, неготовність галузей до сприйняття досягнень нанотехнології, убогість фінансування - все це є наслідком відсутності державної політики в цьому стратегічно важливому напрямку [9,10].

Напрями використання нанотехнологій в сільському господарстві пов'язані з відтворенням сільськогосподарських видів, переробкою кінцевої продукції та покращенням її якості. Нанотехнології вже використовують для знезараження повітря і різних матеріалів, в тому числі кормів і кінцевої продукції тваринництва; обробки насіння і врожаю з метою його збереження. Їх застосовують при стимуляції росту рослин; лікуванні тварин; поліпшення якості кормів [10-12]. Є досвід впровадження цих технологій для зменшення енергоємності виробництва, оптимізації методів обробки сировини та збільшення виходу кінцевої продукції; розробки нових пакувальних матеріалів, що дозволяють довго зберігати кінцеву продукцію. Розвиваються проекти по створенню і поліпшенню харчових добавок, отримання олії з нанодобавками, які перешкоджають надходженню холестерину в кров ссавців.

Інша група проектів спрямована на розвиток більш ефективних і середозберігаючих агротехнологій. Наприклад, використання наноматеріалів для очищення вод в агроecosистемах. Або їх застосування для

переробки відходів рослинництва в етанол. У тваринництві розробляють методи використання нанодобавок в цілях зменшення доз ростових факторів і гормонів, нейтралізації патогенів на ранніх стадіях їх контакту з тваринами.

Аналіз розроблених нанотехнологічних процесів і наноматеріалів показав, що основними областями їх застосування в АПК є біотехнологічна інженерія, виробництво і переробка продукції сільського господарства, сільськогосподарське машинобудування, технічний сервіс. Напрями використання нанотехнологій у тваринництві наведено на рис.1.



**Рис. 1. Напрями використання нанотехнологій у тваринництві**

У тваринництві нанотехнології доцільно використовувати в технологічних процесах, де вони дають допоміжне перевагу. При формуванні мікроклімату в приміщеннях, де утримуються тварини і птахи, їх використання дозволяє замінити енергоємну припливно-витяжну систему вентиляції електрохімічною очищенням повітря із забезпеченням нормативних параметрів мікроклімату: температура, вологість, газовий склад, мікробіообсемененість, запиленість, швидкість руху повітря, усунення запахів із збереженням тепловиділень тварин. У тваринництві та птахівництві при приготуванні кормів нанотехнології забезпечують підвищення продуктивності в 1,5–3 рази, опірність стресам, і падіж зменшується в 2 рази.

Таким чином, переваги та можливості використання нанотехнологій і наноматеріалів очевидні. Тому цілком зрозумілий підвищений інтерес до цієї теми в сучасному світі, оскільки вона є джерелом нових підходів до підвищення якості життя та вирішення багатьох соціальних проблем в високоіндустріальному суспільстві.

**Список використаних джерел**

1. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production». 2019. Uman. 18-20.
2. Болтянська Н.І. Підвищення довговічності вузлів тертя мобільної сільськогосподарської техніки застосуванням нанотехнологій. Вісник ХНТУСГ. 2012. Вип.128. С. 132-137.
3. Boltyanskaya N. I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.
4. Boltyanskaya N. I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.
5. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N., Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.
6. Болтянська Н.І. Забезпечення якості продукції у галузі сільськогосподарського машинобудування. Науковий вісник НУБіП України. Серія Техніка та енергетика АПК. 2014. Вип. 196, ч.1. С. 239-245.
7. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll. scientific-works of Intern. Research Practice Conf. “Topical issues of development of agrarian science in Ukraine”. Nizhin, 2019. Pp. 84–91.
8. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. TDATU Scientific Bulletin. 2018. Issue 8. Vol. 2. Pp. 44–56.
9. Скляр Р.В., Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
10. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.
11. Boltyanskaya N.I. Indicators of an estimation of efficiency of application of resourcesbutGauci technologies in animal husbandry. Bulletin of Sumy national agrarian University. A series of «Mechanization and automation of production processes». 2016. Vol. 10/3 (31). 118-121.
12. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.



УДК 631.31

## ВЗАЄМОДІЯ СОШНИКА СІВАЛКИ З ҐРУНТОМ

Савченко В.М.<sup>1</sup>, к.т.н.,Міненко С.В.<sup>1</sup>, к.т.н.,Веремій Т.Б.<sup>1</sup>, магістрант,Сюравчик В.І.<sup>1</sup>, магістрант,<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

**Постановка проблеми.** Конструювання деталей машин повинно ґрунтуватися на всебічному розумінні умов та режимів їх роботи. Для зменшення затрат та прискорення встановлення умов роботи деталей машин не потрібно проводити громіздкі дослідження, їх можна замінити теоретичними дослідженнями. Для деталей машин, які взаємодіють з технологічним середовищем аналітична модель повинна дозволити проводити силовий аналіз. На даний момент відсутня якісна аналітична модель взаємодії сошника сівалки з ґрунтом.

**Основні матеріали дослідження.** Нами зроблена спроба побудова спрощеної аналітичної моделі дискового сошника. Для цього використовується дві системи координат, одна прикріплена до сівалки (глобальна), а друга прикріплена до диска (локальна). Розроблено перетворення координат, що дозволяє аналізувати сили, що діють на систему дисковий сошник-ґрунт-сівалка.

Основна мета – визначити взаємодію диск – ґрунт – сівалка з точки зору геометрії системи. Розроблена модель відокремлює сили ґрунту, що діють на диск (взаємодія ґрунт – диск), від сил, що генерує сівалка (взаємодія диск – сівалка).

Першим кроком цього підходу є визначення систем координат.

На рис. 1 показано орієнтацію диска в глобальній системі координат  $XYZ$  (сівалка рухається в напрямку  $Z$ ). Ця орієнтація визначається кутом диска, кутом нахилу  $\beta$  та глибиною  $d$ . Сили сівалки – це сили, що генеруються сівалкою для переміщення диска вперед (рис. 2), і визначаються силою тяги  $F_z$ , вертикальною силою  $F_y$  та бічною силою  $F_x$ . Моменти, необхідні для підтримання конфігурації дискового сошника, позначаються як  $M_x$ ,  $M_y$  та  $M_z$ . Сили, що рухають дисковий сошник і моменти необхідно вимірювати шляхом тензорметрування та калібрування сили чи моменту.

Сили ґрунту – це сили, що представляють опір ґрунту і їх важко визначити експериментально. Вони ідентифікуються за нормальною силою,  $N$ , силою тертя,  $F_r$ , силою різання  $F_c$ , (рис. 2 і рис. 3). Передбачається, що ґрунт виштовхується вперед і вбік нормаллю до диска і тангенціальними складовими результуючих сил, тоді як сила різання ґру-

нту – це результуюча сила, прикладена до краю в площині диска. Очікується, що при постійній глибині конфігурація диска впливатиме лише на точку прикладання, але не на її величину.



Рис. 1. Орієнтація дискового сошника

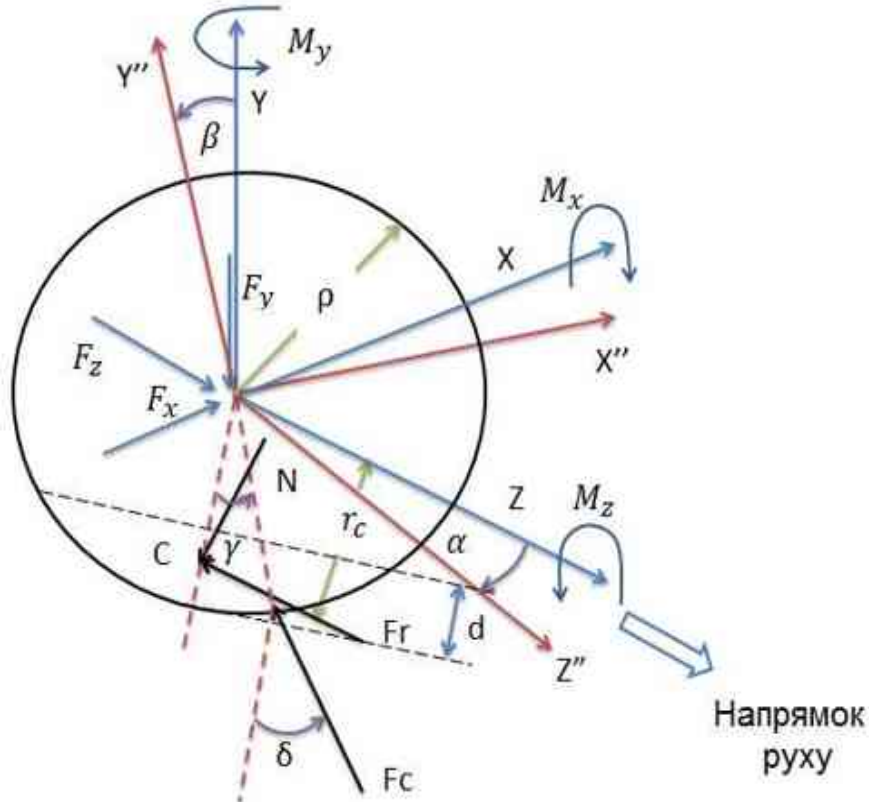


Рис. 2. Параметри дискового сошника

Сили ґрунту в основному залежать від внутрішнього тертя ґрунту, когезії та внутрішнього ґрунтового тертя. Вони також залежали від глибини занурення в ґрунт, яка виштовхується вперед і вбік, що пов'язано з геометрією борозни.

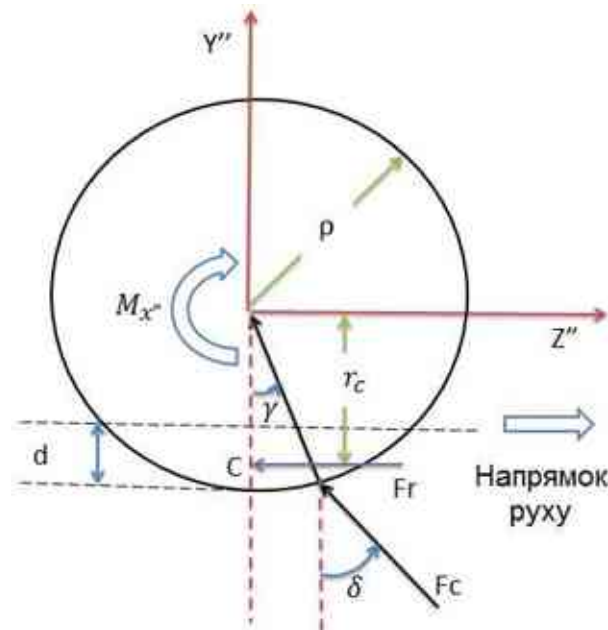


Рис. 3. Параметри дискового сошника в площині  $Y''-Z''$

**Висновки.** Для розробки повноцінної аналітичної моделі необхідно, щоб сили ґрунту визначалися на основі експериментально виміряних сил сівалки для кожного конкретного розміру / конфігурації (тобто,  $a, b$ ).

УДК 633.81

## ВПЛИВ НОРМ ВИСІВУ І ДОЗ ДОБРІВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ КОРІАНДРУ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

Тарасюк В. А. к.с.-г. н.,

Безвіконний П. В. к.с.-г.н.

Подільський державний аграрно-технічний університет

**Постановка проблеми.** Агрокліматичні умови Західного Лісостепу сприятливі для вирощування багатьох ефіроолійних культур, таких як коріандр, фенхель, кмин, аніс. Ринок олійних і ефіроолійних насіння необмежений, крім того, дані культури є хорошими попередниками для багатьох сільськогосподарських рослин, мають фітосанітарну дію [1].

Можливості Західного Лісостепу в цьому напрямку не використовуються, а посівні площі під ефіроолійні взагалі не відведені. Важливою передумовою успішного культивування ефіроолійних культур є вивчення адаптивного потенціалу рослин [2].

Виробництво лікарських препаратів, косметичних засобів на основі фенхеля, кмину, анісу, коріандру, м'яти перцевої і інших, популярність їх в кулінарії і народній медицині зумовили стрімких зростання попиту на сировину. В останні роки виникла необхідність у збільшенні площ вирощування культур і їх інтродукції в нові регіони [3].

**Основні матеріали дослідження.** Польові дослідження з удосконалення технології вирощування коріандру, проводили впродовж 2019-2020 років у Кам'янець-Подільська філія ТОВ СП «НІБУЛОН». Дане господарство розміщене на території Хмельницької області, Кам'янець-Подільського району, село Привороття. Ґрунт дослідного поля – чорнозем вилугуваний, малогумусний, середньосуглинковий на лесовидних суглинках. Вміст гумусу (за Тюрнімом) в шарі ґрунту 0-30 см становить 4,1 %. Вміст сполук азоту, що легко гідролізуються, (за Корнфілдом) становить 127 мг/кг (високий), рухомого фосфору (за Чіріковим) 167 мг/кг (високий) і обмінного калію (за Чіріковим) – 173 мг/кг ґрунту (високий). Гідролітична кислотність становить 22 мг-екв./кг, рН (сольове) – 6,2; ступінь насичення основами – 88 %.

Попередник – озима пшениця. Добрива вносили під передпосівну культивування, згідно зі схемою. З мінеральних добрив використовували аміачну селітру, подвійний суперфосфат і калійну сіль. Посів коріандру – І декада травня. Сорт – Янтар, середньоранній. Агротехнічні заходи загальноприйняті в даній зоні. Збирання посівів проводили механізовано і вручну. Повторність чотириразова.

Площа живлення коректувалася дозами добрив, нормою висіву, і впливала на проходження фенологічних фаз росту і розвитку рослинами коріандру.

Під час експерименту, сходи з'являлися на 12-15 день. Внесення добрив подовжувало міжфазні періоди і збільшувало період вегетації на 3-8 днів. Вплив азотних мінеральних добрив на лінійний ріст рослин починало проявлятися вже у фазі стеблуння. Саме з цього періоду спостерігався інтенсивний ріст коріандру і тривав аж до фази цвітіння; після цвітіння лінійний розвиток рослин, як правило, припинявся [4]. Зі збільшенням дози внесених добрив, перш за все азотних, спостерігалася все більше наростання листкової поверхні.

Період від сходів до повного дозрівання коріандру знаходився в межах 122-143 дні. Великий розмах коливань тривалості вегетаційного періоду обумовлюється відмінністю метеорологічних умов 2019 і 2020 років. Менша кількість тепла і велика кількість опадів подовжували вегетаційний період (2020), і, навпаки, більшу кількість тепла і менша кількість вологи скорочували період вегетації (2019 року).

Нестача азоту на початку росту і розвитку рослин помітно знижує врожай насіння сільськогосподарських культур [5]. У початковий період росту, до фази стеблуння, коріандр не висував високі вимоги до азотного живлення; найбільше він поглинав азоту в період від початку фази стеблуння до дозрівання насіння. Внесення мінеральних добрив, насамперед азотних, дозволило збільшити показники елементів структури урожаю коріандру. Особливо при збільшенні рівня азотного живлення підвищувалася кількість плодів на одній рослині і маса 1000 насінин, а це призводило до більш високої врожайності насіння.

В середньому, за роки досліджень, врожайність була від 0,38 до 1,2 т/га, в залежності від досліджуваних факторів.

Так, у варіантах з нормою висіву 0,6 млн. шт./га схожих насінин посіви були більше засмічені бур'янами, ніж при високих нормах висіву, внаслідок чого рослини були сильніше пригнічені і розвивалися слабше. Більш висока продуктивність рослин коріандру спостерігалася при нормах висіву 1,0 і 1,4 млн. схожих насінин шт./га.

Максимальну врожайність отримали на варіантах з нормою внесення добрив  $N_{135-180}$ ,  $N_{135-180}P_{60}K_{60}$  і нормою висіву – 1,4-1,8 млн. шт./га. Подальше підвищення рівня мінерального живлення та завищення норми висіву культури було економічно і агрономічно неефективне.

**Висновки.** Досліди показали, що в умовах Західного Лісостепу можливо отримувати врожаї коріандру до 1,2 т/га. У наших дослідженнях внесення мінеральних добрив, насамперед азотних, стимулювало розвиток рослин, підвищувало врожайність коріандру. Добрива забезпечили значний приріст врожаю насіння в порівнянні з контролем.

#### **Список використаних джерел**

1. Юркевич Ю. Коріандр – попит збільшується. *Пропозиція*. 2007. № 9. С. 66–68.
2. Улянич О. І., Василенко О. В., Філонова О. М. Агроекологічні основи вирощування коріандру посівного та васильків справжніх. Київ : СІК ГРУП УКРАЇНА, 2013. 227 с
3. Гиренко М. М., Зверева О. А. Пряно-вкусовые овощи. ЮНИОН-паблик, 2007. 256 с.
4. Мироненко И. М., Числова Л. С., Стопычева Г. И., Блунова В. Б. Перспективы селекции кориандра. *Селекция и семеноводство*. 2002. № 2. С. 21–22.
5. Назаренко Л. Г., Бугаенко Л. А. Эфиромасличные, пряно-ароматические и лекарственные растения. Симферополь: Таврия. 2003. 201 с.



УДК 621.63

## ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ ГАЗОАБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ

Міненко С.В.<sup>1</sup>, к.т.н.,Добротворський С.Ю.<sup>1</sup>, магістрант,<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

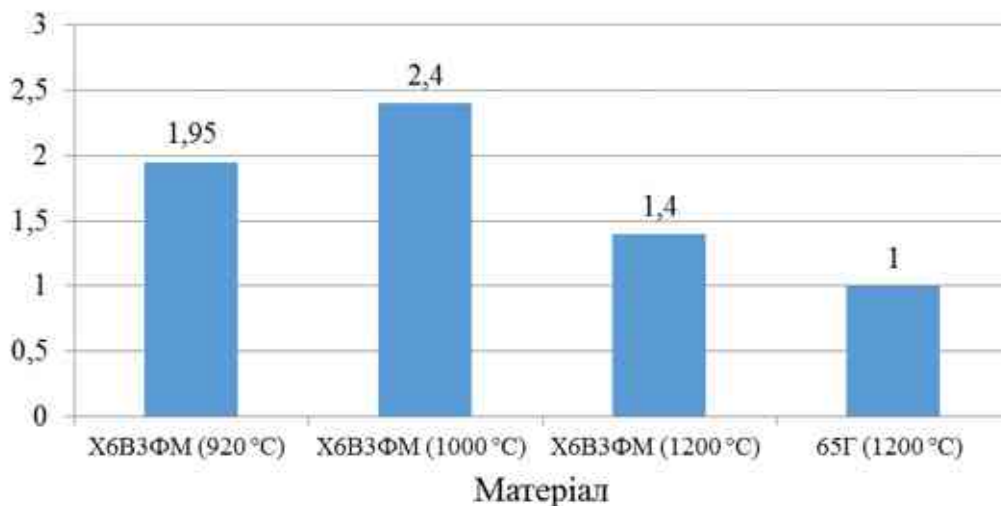
**Постановка проблеми.** В сільському господарстві газоабразивному зношуванню найбільше піддаються робочі органи пневматичних транспортерів зерна, пневматичних сепараторів, млинових вентиляторів тощо. Газоабразивне зношування деталей машин в сільському господарстві в більшості випадків характеризується відсутністю процесів мікрорізання і переважанням таких процесів, як пластична деформація, втомних та хіміко-механічних процесів. Для підвищення довговічності деталей машин, які працюють в умовах газоабразивного зношування необхідно правильно підбирати матеріал деталей.

**Основні матеріали дослідження.** Процес газоабразивного зношування ще недостатньо вивчений, що ускладнює завдання вибору матеріалу для зниження інтенсивності зношування деталей. В наявній літературі відсутні дослідження процесу газоабразивного зношування сільськогосподарськими матеріалами (зерно, зернова суміш, мука та інше). Зносостійкість матеріалу, який працює в умовах газоабразивного зношування залежить від комплексу факторів: агресивність абразивного матеріалу і середовища, твердість абразиву, форма абразиву, швидкість потоку. При однакових зовнішніх чинниках зносостійкість матеріалу, який працює в умовах газоабразивного зношування залежить від його твердості, структури та хімічного складу. Для вибору матеріалу деталей машин, які працюють в умовах газоабразивного зношування були проведені дослідження зношування лопаток млинового вентилятора газобразивною сумішшю (пил та подрібнене зерно). Лопатки виготовлялися зі сталі Х6ВЗФМ і піддавалися різній термічній обробці (табл. 1)

Таблиця 1

Матеріал	Стан	Твердість, HRC
Х6ВЗФМ	Загартування з 920 °С в оливу	50...53
Х6ВЗФМ	Загартування з 1000 °С в оливу	58...59
Х6ВЗФМ	Загартування з 1200 С в оливу	36...38
65Г	Загартування з 1200 С в оливу	40...44

Результати досліджень представлені на рис. 1



**Рис. 1 Відносна зносостійкість лопаток млинових вентиляторів, виготовлених з різних матеріалів.**

Найбільшу зносостійкість мають лопатки вентиляторів виготовлених зі сталі X6B3FM та загартованих до твердості 59 HRC.

**Висновки.** В результаті досліджень встановлено, що твердість поверхні, яка піддається газоабразивному зношуванню не являється об'єктивною характеристикою зносостійкості матеріалу. Зносостійкість матеріалів, які працюють в умовах газоабразивного зношування залежить від комплексу чинників: хімічного складу, твердості та структури.

УДК 631.674:635.655

## ВИРОЩУВАННЯ СОЇ НА КРАПЕЛЬНОМУ ЗРОШЕНІ

Іваненко С.Г., 11 АІ група

Чорна Т.С., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Соя – цінна і найпоширеніша бобова культура в багатьох країнах світу. Насіння її містить 38...45% білка, 18...25% жиру, багато вітамінів, мінеральних та біологічно активних речовин. У сучасних умовах соя є однією з найрентабельніших культур, у зв'язку з чим площі під нею в Україні в останні 15 років збільшились у 25 разів. Проте врожайність її за цей період у господарствах різних форм власності залишається поки що низькою і коливається за роками вирощування [1]. У господарствах, які знаходяться в зоні Південного Степу, тривалість вегетаційного періоду сої складає до 230 днів. Щороку у весняно-літній період протягом 30 і

більше днів триває бездощів'я, яке супроводжується високими температурами і низькою вологістю повітря, що негативно впливає на розвиток рослин та створює умови для атмосферних посух і суховіїв. Так, за багаторічними даними Гідрометцентру, кожен другий рік у Південному Степу України був посушливий, а кожен третій – гостро посушливий. Але соя чутлива до наявності вологи у період розвитку бобів. Тому одним з перспективних варіантів для даної культури є вирощування з використанням штучного зрошення.

Існує багата практика вирощування сої на зрошенні, але за такої технології використовувались зрошувальні системи типу фрегат та інші. Але сьогодні малі господарства не в змозі забезпечити якісну та безперебійну роботу великих систем. Тому сьогодні багато господарств замислюються про можливість застосування крапельного зрошення під час вирощування сої. Однією з проблем переходу на технології вирощування з використанням крапельного зрошення є відсутність матеріальних ресурсів для купівлі нової техніки, використання якої дозволить одночасно проводити сівбу сої та укладання крапельної стрічки.

**Метою** даної роботи є ознайомлення з досвідом малого фермерського господарства, яке використовує технологію вирощування сої на крапельному зрошенні та власні технічні розробки для її реалізації.

**Основні матеріали.** Як правило, технологія передбачає сівбу з наступним укладанням крапельної стрічки. Але тоді необхідно робити додаткові проходи машино-тракторного агрегату по полю. А це призводить до переущільнення шарів ґрунту та додатковим витратам як палива, так і праці. Внаслідок цього, збільшенню собівартості вирощування отриманої продукції.

Кожний фермер намагається знизити витрати різними способами. Один з них, одночасне виконання декількох технологічних операцій. Було запропоновано нову конструкцію нового комбінованого знаряддя для одночасної сівби та укладання крапельної стрічки (рис. 1).



**Рис. 1.** Машино-тракторний агрегат для одночасної сівби та укладання крапельної трубки

Запропоноване знаряддя випробовували на полі з довжиною гону 700 м. Це вимагало додаткових витрат праці, тому що крапельну стрічку необхідно було присипати через кожні 14...18 кроків. Інакше її зносило з рядків поривами вітру. Також на сівалці під час досліджень працював один з робітників, у задачі якого входило корегування швидкості розмотування крапельної стрічки. Це дозволяло уникати її заплутування. Швидкість руху машинно-тракторного агрегату коливалась у межах 3...5 км на годину. Після укладання крапельної стрічки поле виглядало наступним чином (рис. 2).

Після укладання крапельної стрічки проводили прокладання з'єднувальних елементів, а також елементів системи зрошення. Після завершення монтажу системи зрошення було проведено її перевірку на наявність протікання у точках з'єднання та крапельних стрічках.



**Рис. 2.** Вигляд поля після роботи агрегату

**Висновок.** Використання комбінованого агрегату для сівби з одночасним укладанням крапельної стрічки дозволить скоротити час виконання операцій, що призведе до зниження витрат на вирощування сої. А використання крапельного зрошення дозволить у посушливих умовах отримувати продукцію кращої якості та більшої кількості.

**Список використаних джерел**

1. Шелудько О. Вирощування сої на зрошуваних землях Півдня України: Інститут зрошуваного землеробства НААН. Пропозиція. – №2. 2015. С. 21-23. URL: <https://propozitsiya.com/ua/viroshchuvannya-soyi-na-zroshuvanih-zemlyah-pivdnia-ukrayini>

УДК 330.341.1

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В ТВАРИННИЦТВІ УКРАЇНИ

Болтянська Н.І.<sup>1</sup>, к.т.н.,

Болтянський О.В.<sup>1</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup>*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Одним із наслідків політичної кризи в Україні стала дестабілізація в економіці держави. Стабільність та розвиток аграрного сектора економіки, враховуючи світовий досвід, європейські стандарти та важливість забезпечення продовольчої безпеки держави, гарантується за умов активізації інноваційного та наукоємного виробничого процесу. Питання активізації інноваційного розвитку в сільському господарстві, та тваринництві зокрема, набуває актуальності і є одним із ключових чинників для подальшого стратегічного розвитку та економічного зростання [1,2].

Агропромисловий комплекс є складною соціально-економічною системою, що складається з різних підсистем. Його центральною ланкою є сільське господарство, у складі якого особливе місце займає тваринництво, що є підсистемою по відношенню до агропромислового комплексу і системою по відношенню до супідрядних елементів – підгалузей [3].

Галузь тваринництва відноситься до другого надзвичайно важливого напрямку сільського господарського, завданням якого є розведення сільськогосподарських тварин для виробництва продукції, яка використовується як продукти харчування для населення та як сировина для харчової та легкої промисловості.

Основним механізмом досягнення запрограмованих цілей в галузі тваринництва є його інноваційний розвиток, основу якого складають: відтворення, ефективність, інтенсифікація, конкурентоспроможність, інноваційний процес, інвестиції і інше. Досягти бажаних результатів розвитку галузі можна різними шляхами, але застосовувати необхідно оптимальні, які в кінцевому результаті становлять всю сукупність інноваційних процесів в цілій галузі.

В сільськогосподарському виробництві існує значно більше ризиків при запровадженні інновацій, так як необхідно враховувати їх вплив не лише на зростання виробничих можливостей, а й на земельні, водні ресурси (екологію) та вплив на тварин, як живих організмів.

До особливостей розвитку інноваційних процесів в тваринництві, можна віднести наступне (рис. 1):





**Рис. 1. Особливості розвитку інноваційних процесів в тваринництві**

В тваринництві швидкість обороту інноваційного капіталу і його приріст не можуть конкурувати з промисловістю. Особливо це стосується виведення нових порід тварин, яке іноді сягає десятки років.. Перелом негативних тенденцій, які мають місце в галузі протягом останніх двох десятиліть, з одночасним економічним ростом вимагає запровадження новітніх науково-технічних досягнень, забезпечуючи при цьому максимальну оптимізацію використання обмежених фінансових, інвестиційних, матеріально-технічних ресурсів. Основним механізмом досягнення запрограмованих цілей в галузі тваринництва є його інноваційний розвиток, основу якого складають наступні процеси і категорії - відтворення, ефективність, інтенсифікація, конкурентоспроможність, інновація, інноваційний процес, інноваційна діяльність, інноваційна привабливість, інноваційна політика, інноваційний капітал, інвестиції. Тільки розширене відтворення є ключовою метою інноваційного розвитку системи тваринництва. Останнім часом зростає актуальність і значимість досліджень, присвячених вивченню інструментів стимулювання інноваційної діяльності в аграрній сфері, у тому числі й за рахунок державної підтримки та фінансування аграрних інновацій. На сучасному етапі розширене відтворення в аграрній сфері стає неможливим без присутності в ньому фактору науки, а економічний розвиток сільськогосподарських і переробних підприємств АПК набув інноваційного характеру. Одна із центральних проблем при цьому – стимулювання інноваційної діяльності, раціональне фінансування науково-технічних та інноваційних програм в аграрній сфері, що потребує відповідних досліджень.

У загальному ж випадку інноваційний процес в АПК – це комплексний, керований процес, спрямований на створення, впровадження і використання принципово нової або модифікованої аграрної технології, що задовольняє конкретні потреби аграрних утворень і забезпечує

останнім економічний, технічний або соціальний ефект. Інноваційний розвиток тваринництва однозначно передбачає його інтенсифікацію, яка включає одночасно з процесом розширеного відтворення і якісне вдосконалення на кожній з його стадій (біологічній, технічній, економічній, соціальній і екологічній) на основі запровадження досягнень науково-технічного прогресу.

Поняття інновації в тваринництві, на відміну від інших галузей, визначається як кінцевий результат діяльності не через запровадження нової або вдосконаленої продукції, а в основному вони реалізуються через запровадження в виробництво нової техніки, технології, організації виробництва, системи його управління, а особливо нових порід тварин, з метою отримання економічного, соціального, екологічного ефекту і прискорення процесу розширеного відтворення.

З огляду на це, інноваційну діяльність в тваринництві можна визначити, як сукупність послідовно здійснюваних дій по вдосконаленню технології і організації виробництва, на основі використання результатів наукових досліджень і розробок, або передового виробничого досвіду з метою модернізації виробництва і виходу на нові ринки. Останнім часом традиційні молочні продукти на ринку почали замінювати на молокомісні. З розвитком сучасних технологій виробництва харчової продукції поряд з традиційними молочними продуктами на полицях торгових мереж з'явилися дуже схожі з ними продукти, які, однак, не мають відповідної харчової цінності – продукти з невластивими раніше добавками: немолочними жирами, штучними барвниками та іншими інгредієнтами і складниками, що додаються для зменшення собівартості продукції. Це так звані молокомісні продукти [6,7].

Часто такі назви та маркування вводять в оману споживачів, і відрізнити молочний продукт від молокомісного досить важко. Крім того, на ринку порушуються правила добросовісної конкуренції між виробниками традиційних й інших молочних продуктів та тими, які у виробництві використовують більш дешеві замінники складових молока. Це свідчить про зростання споживчого попиту і неспроможність сільськогосподарського виробництва у короткостроковому періоді задовольнити додаткові потреби ринку у молоці. Саме тому, з огляду на сучасні тенденції створення та широкого використання підприємствами більш дешевих замінників натурального молока при переробці на готові продукти, виробники молока усіх категорій змушені шукати шляхи, щоб «залишитися на плаву», тому подальший розвиток молочного скотарства доцільно проводити у напрямку впровадження інноваційних технологій [8-10]. Це сприятиме нарощуванню обсягів виробництва, зростанню продуктивності праці в галузі, покращенню якості продукції, її конкурентоспроможності. Адже при постійному зростанні конкуренції головним фактором виживання підприємства стає його інноваційність, що передбачає широкомасштабне освоєння інноваційних

технологій. На сучасному етапі в галузі тваринництва склалися всі умови для переходу до інноваційного шляху розвитку. Реформування аграрного сектора економіки проходило на основі його старої матеріально-технічної бази, супроводжувалося швидким моральним і технічним старінням техніки і відставанням технології, які за цей час не оновлювалися і практично вичерпали свій ресурс. Назріла гостра необхідність освоєння нової техніки і технологій.

### *Список використаних джерел*

1. Болтянський О.В. Щодо оцінки потенційної можливості застосування ресурсозберігаючих технологій на підприємствах молочного скотарства. Науковий вісник ТДАТУ. 2016. Вип. 6. Т.1. С. 50-55.
2. Болтянська Н. І. Роль технічного сервісу при забезпеченні високоєфективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 3. Т.1, С. 103-110.
3. Sklar O. G. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.
4. Болтянська Н.І. Зниження енергоємності виробництва продукції тваринництва за рахунок скорочення енергії на кормоприготування. Інженерія природокористування. 2018. №1(9). С. 57–61.
5. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.
6. Болтянська Н.І. Оптимізація параметрів стимулюючих дій при виконанні підготовчих операцій доїння. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.5. С. 47-51.
7. Болтянська Н.І. Обґрунтування технологічних параметрів механічного стимулювання (масажу) вимені високопродуктивних корів. Праці ТДАТУ. 2012. Вип.2. Т.5. С. 23-30.
8. Болтянська Н.І. Теоретична оцінка економічної ефективності виробництва молока. Мат. II-ї Наук.-техн. конф. «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». Глеваха, 2013. С. 7-10.
9. Болтянська Н.І. Наслідки неправильної переддоїльної стимуляції вимені високопродуктивних корів. Мат VI-ї Наук.-техн. конф. «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». Глеваха, 2018. С. 11-13.
10. Болтянська Н.І. Залежність якісних і кількісних показників молока від якості механічної стимуляції вимені. ТЕЗИ II Міжнародної наук.-практ. конф. «Сучасні технології аграрного виробництва». Київ: НУБіП України, 2016. С. 109-110.
11. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

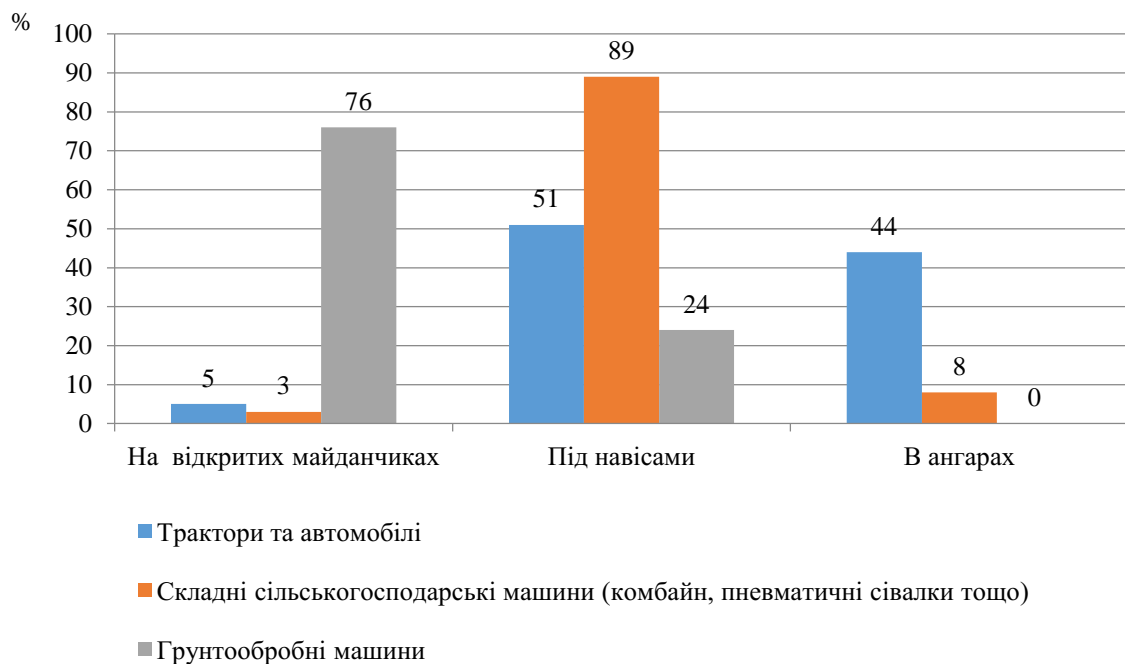
УДК 631.31

## УМОВИ ЗБЕРІГАННЯ ҐРУНТОБРОБНИХ МАШИН

Савченко В. М.<sup>1</sup>, к.т.н.,Міненко С. В.<sup>1</sup>, к.т.н.,Лопатинець Д. І.<sup>1</sup>, магістрант,Сологуб К. В.<sup>1</sup>, магістрант,<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

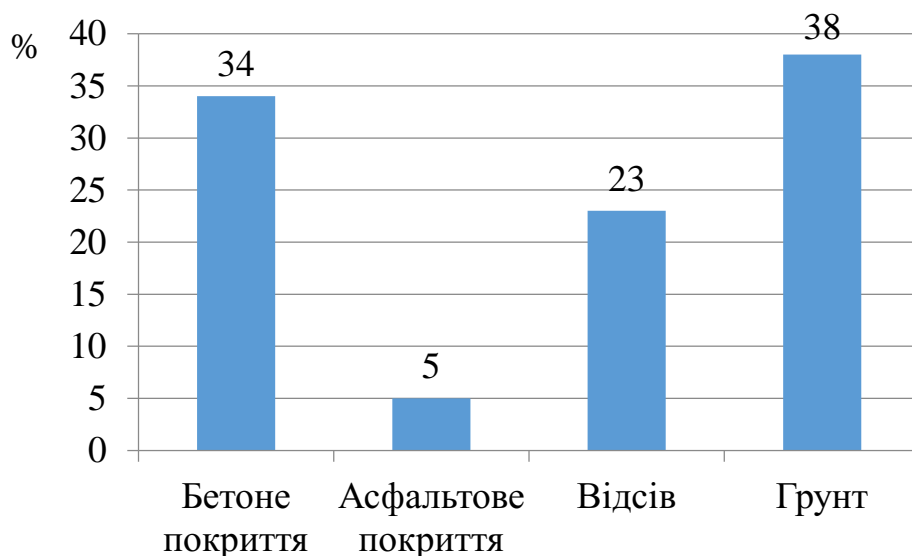
**Постановка проблеми.** Втрати зумовлені корозійними процесами металу в розвинутих країнах досягають 5–6 % ВВП. Пошук шляхів зменшення негативних явищ корозії є безумовно актуальною задачею. Доволі гостро питання захисту від негативних явищ корозії стоїть в сільському господарстві, оскільки сільськогосподарські машини не виконують свої основні функції і знаходяться на зберіганні від 60 до 90 % часу. Під час зберігання деталі та вузли машин піддаються корозії, саме тому пошук оптимальних способів і методів зберігання є першочерговою задачею для зменшення негативних явищ корозійних процесів.

**Основні матеріали дослідження.** Проведений аналіз по вибору способу зберігання сільськогосподарських машин, показують незадовільний стан даного питання в сучасних реаліях агропромислового комплексу України ( рис. 1).



**Рис. 1. Умови зберігання сільськогосподарських машин в умовах сільськогосподарських підприємствах, на основі аналізу 24 підприємств Житомирської області**

Як видно з рис. 1 найгірші умови зберігання припадають на ґрунтообробні машини, саме тому умови зберігання ґрунтообробних машин були проаналізовані більш детально (рис. 2).



**Рис. 2. Аналіз покриттів відкритих майданчиків для зберігання ґрунтообробних машин, на основі аналізу 24 підприємств Житомирської області.**

Аналіз способів зберігання сільськогосподарських підприємств виявив закономірність, що кращі умови зберігання можна спостерігати у великих аграрних підприємствах, чим менше аграрне підприємство тим гірші умови зберігання. Слід відмітити, що тільки в 54% випадків для зберігання ґрунтообробних машин були виготовлені підставки.

**Висновки.** Аналіз умов зберігання ґрунтообробних машин показав незадовільний стан даного питання. Для вирішення даної проблеми необхідно шукати способи та методи зменшення корозійних процесів на деталях ґрунтообробних машин під час зберігання на відкритих майданчиках, оскільки невеликі підприємства не можуть забезпечити належні умови їх зберігання (в ангарах та під навісом) із-за відсутності необхідної інфраструктури.



УДК 631.372

## РІДИННО-АБРАЗИВНЕ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Грабар І.Г.<sup>1</sup>, д.т.н.,  
Зембицький В.В.<sup>1</sup>, магістрант,  
Сичевський В.М.<sup>1</sup>, магістрант,  
Швагро М.В.<sup>1</sup>, магістрант,  
Курис І.М.<sup>1</sup>, магістрант,  
Шиханцов М.В.<sup>1</sup>, магістрант.

<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

**Постановка проблеми.** В сільському господарстві велика кількість операцій виконується за допомогою гідравлічної системи тракторів. Надійність гідравлічної системи визначає якість та швидкість виконання даних операції, а також екологічність всього агрегату. Деталі гідравлічних систем піддаються активному абразивному зношуванню в зв'язку з наявністю абразивних частинок в оливі. Даний вид зношування називається гідроабразивним. Інтенсивність протікання гідроабразивного зношування залежить від абразивних властивостей частинок, концентрації частинок в оливі, швидкості руху гідравлічної рідини, кут «атаки», корозійних властивостей оливи. Абразивні властивості частинок в оливі гідросистем в більшості випадків приблизно однакові і складаються з частинок наявних в ґрунті. Різні умови та режими роботи сільськогосподарських машин призводять до різної інтенсивності зношування агрегатів та деталей гідросистеми, саме тому встановлення закономірностей гідроабразивного зношування є актуальною задачею, оскільки дозволить прогнозувати надійність всієї гідросистеми.

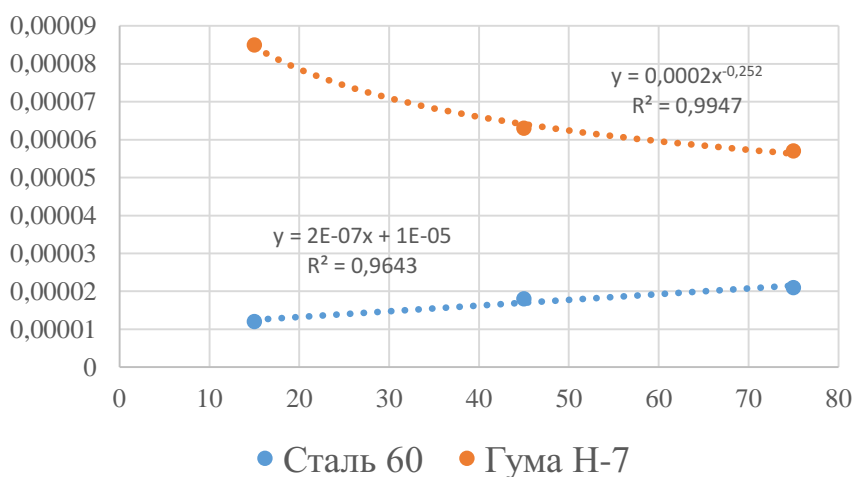
**Основні матеріали дослідження.** Визначення інтенсивності зношування матеріалів при гідроабразивному зношуванні проводили на лабораторній установці за схемою представлені в роботі [1]. Зразки виготовляли розмірами 70×40×2 мм, кут атаки змінювали в межах 10°...75°. В результаті досліджень встановлено відносна зносостійкість матеріалів гідросистем сучасних тракторів (табл. 1). В якості еталонного зразка було взято стійкість сталі Ст. 5 до гідроабразивного зношування

Встановлено, що кут атаки гідропотку по різному впливає на інтенсивність зношування матеріалів. Для сталей зі зменшенням кута атаки зменшується і інтенсивність зношування. Тоді як для гуми інтенсивність зношування вища при малих кутах атаки, що пов'язано в першу чергу з незадовільним поглинанням кінетичної енергії в результаті ударної взаємодії (рис.1.).

Таблиця 1

## Відносна зносостійкість матеріалів при гідроабразивному зношенні (еталон Ст. 5)

№	Матеріал	Кут атаки гідропотоку		
		$\beta=15^\circ$	$\beta=45^\circ$	$\beta=75^\circ$
1	Сталь 45	1,15	1,20	1,25
2	Сталь 60	1,80	1,85	1,95
3	Латунь ЛЦ25С2	0,40	0,55	0,70
4	Латунь ЛМцОС58-2-2-2-2	0,55	0,60	0,95
5	Сталь AISI 304	2,30	2,35	2,55
6	Сталь У10	1,85	1,95	2,05
7	Сталь 50Х14МФ	1,65	1,55	1,60
8	Сталь 07Х16Н6	1,75	1,90	1,95
9	Гума Н-7	0,4	1,20	1,85
10	Гума В-12	0,5	1,15	1,50



**Рис. 1** Залежність відносної зносостійкості гуми Н-7 та сталі 60 (швидкість потоку 3 м/с та розмір абразивних частинок 0,5...0,75 мм)

В реальних умовах експлуатації матеріали взаємодіють з оливами абразивні властивості яких можна оцінити в результаті аналізу концентрації наявних абразивних частинок. Результати аналізу фізичних, хімічних та триботехнічних характеристик олив представлено в табл. 2. Зі збільшенням строку служби відбувається накопичення механічних домішок більше 0,75 мк. Частинки кварцового піску таких розмірів оливі присутні в маленькій кількості, оскільки в процесі роботи вони подрібнюються в зазорах шестеренчастих насосів.

Також слід відмітити повільну зміну в'язкості дослідних олив у процесі експлуатації змінюється повільно рис. 2.

Враховуючи отримані результати можна зробити висновок, що деталі машин гідравлічних систем зношуються в результаті абразивної дії частинок кварцового піску, які накопичуються в оливі під час експлуатації.

Таблиця 2

**Зміна властивостей оливи в процесі їх експлуатації в тракторних гідравлічних системах під час виконання польових робіт**

Марка трактора і оливи	Вид робіт	Тривалість роботи, год	Механічні домішки, %		
			Залишок на фільтрі	Загальна кількість	
				SiO <sub>2</sub>	Fe
ХТЗ-150К МГЕ-46В	Польові роботи	450	0,011	0,0048	0,0039
John Deere 8R 230 JD Hy-Gard	Польові роботи	740	0,012	0,0039	0,0027
МТЗ-102 Hydro ISO HL 46	Польові роботи	940	0,015	0,0064	0,0048
JCB 540-170 JCB HP Plus	Розвантажувально-завантажувальні роботи на фермі	230	0,009	0,0021	0,0013

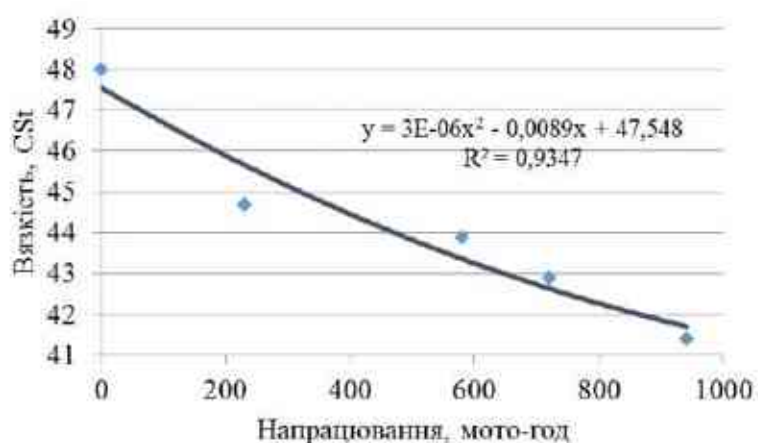


Рис. 2. Зміна кінематичної в'язкості гідравлічної оливи Mannol Hydro ISO HL 46 в процесі експлуатації трактора МТЗ-102 на польових роботах (температура визначення кінематичної в'язкості  $t=40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

**Висновки.** Зі зростанням поверхневої твердості та вмісту вуглецю сталях стійкість до гідроабразивного зношування зростає, а у пла-смас спостерігається протилежна залежність. Корозійностійкі сталі (АІSІ 304, 50Х14МФ, 07Х16Н6) володіють високою стійкістю до гідроабразивного зношування. В реальних рідинах гідравлічних систем наявна велика кількість абразивних частинок.

**Список використаних джерел**

1. Орлов И. Ф. Относительная износостойкость сталей и процесс образования микро- и макрополн при износе в жидкостно-абразивной среде. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1968. Т1. С. 252-259.

УДК 62-622 : 629.3.063.2

**ПРО РОЗВИТОК ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В МИНУЛОМУ І В ТЕПЕРІШНІЙ ЧАС**

Болтянський О.В., к.т.н.,

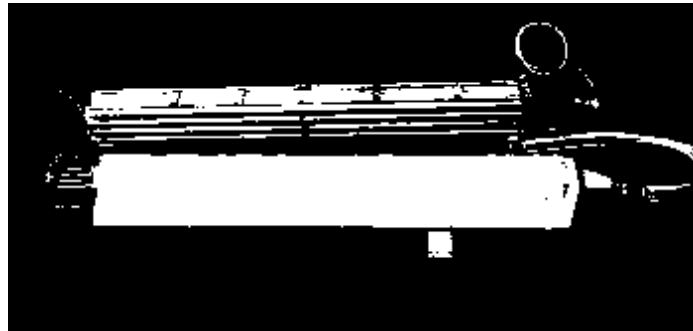
Стефановський О.Б., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Прагнучі знизити викиди вуглекислоти об'єктами енергетики, передбачають поступово замінити вуглеводневі палива воднем. Така заміна може послабити економіку країн-експортерів вуглеводнів. У ряді країн-споживачів останніх суттєво виросли податки на викид тони вуглекислоти. Наприклад, у середньому по Євросоюзу вони збільшилися приблизно вдвічі (приблизно від 4 до 8 євро/т) у період з початку 2013 р. до початку 2016 г, а потім, після майже річного зниження, стали стійко зростати, досягши 25 євро/т навесні 2019 р. [1]. Розведення природного газу, що поставляється в Європу з Росії по трубопроводах високого тиску, воднем, як показано в роботі [2], створює підвищені технічні й економічні ризики. До того ж, одним з найбільш удалих способів одержання водню є піроліз метану – основної складової частини природного газу; тим самим зберігається значимість поставок останнього, що відрізняються достатньою надійністю й безпекою, до місць споживання водню, де можна було б організувати такий піроліз. Хоча при ньому утворюється сажа, що вимагає утилізації або поховання, він майже в 8 раз менш енергоємний, чим спосіб електролізу дистильованої води (яку потрібно спочатку одержати). Згідно з оцінками, зробленими в роботах [3; 4], вартість 1 кг водню, отриманого з вуглеводневої сировини, близька до одного долару США.

В області застосування водню як транспортного палива відомі позитивні результати багатьох експериментів і випробувань дослідних транспортних засобів (ТЗ) [5-7]. Ще в 1941 р. у блокадному Ленінграді (нині м. Санкт-Петербург), де бензин був гостродефіцитним, застосовувалося живлення воднем двигунів вантажівок ГАЗ-АА, що працювали на стоянці для привода лебідок, які опускали аеростати загордження. Надалі при участі українського Інституту проблем машинобудування були розроблені металогідрідні системи для зберігання водню на борті ТЗ, зміст якого в несучому матеріалі (захищений авторськими посвідченнями СРСР № 722018 і 722021) досягав 4% по масі. Приклад такої системи, що успішно працювала в дослідному мікроавтобусі РАФ із двигуном ЗМЗ-24Д, показаний на рис. 1. Майже одночасно підприємством «Квант» були розроблені паливні елементи, що жилилися воднем, застосовані для електропостачання привода ведучих коліс іншого

РАФа. Крім вищевказаного українського інституту, в епоху СРСР у дослідженнях систем зберігання водню брав участь і Донецький політехнічний інститут.



**Рис. 1. Загальний вид бортової автомобільної металогідридної системи для зберігання водню [6]**

Після розпаду СРСР роботи в описаній області продовжені, зокрема, російською Національною асоціацією водневої енергетики (НАВЕ). Так, відомо про успішні випробування декількох автомобілів типу «ГАЗель», поршневі двигуни яких працювали на бензоводневих сумішах, причому водень надходив зі склопластикових балонів, де зберігався під тиском 20 МПа [6].

В Україні проблеми становлення й розвитку водневої енергетики незалежно вивчаються такими організаціями, як Інститут поновлюваної енергетики й Донецький національний технічний університет (ДонНТУ). На думку Олександра Репкіна [7], президента енергетичної асоціації «Українська Воднева Рада», починати потрібно «з першої <водневої> АЗС і з перших десяти водневих автомобілів уже через рік.» Співробітниками ДонНТУ проаналізований і узагальнений досвід, накопичений найбільшими країнами, що розвиваються – Індією, Китайською Народною республікою й Аргентиною в області розвитку «водневої економіки» [8]. У такому регіоні України, як Донбас, добре забезпеченому різними енергетичними ресурсами, пропонується заздалегідь планувати розвиток перспективних водневих технологій і почати підготовку висококваліфікованих фахівців у цій області. Серед технологічних розв'язків пропонується, зокрема, ширше використовувати газифікацію кам'яних вуглів (у тому числі підземну) і оснастити існуючі вітряні електростанції Приазов'я електролізерами води, що виробляють водень. Останній розв'язок уже застосовується на півдні Аргентини – у малонаселеній Патагонії, по температурно-кліматичним умовам подібної з Луганською областю. Проектом "Huchico" передбачений виробіток у двох електролізерах 120 нормальних кубометрів водню за годину, які після змішування із природним газом спалюються в газовому двигуні внутрішнього згоряння Jenbacher (виготовленому в г. Йенбах, Австрія), що приводить електрогенератор з потужністю 1400 кВт (рис. 2).



Отримана електроенергія використовується при видобутку місцевої нафти, а кисень (другий продукт електролізу води) накачується в сховищі й продається на ринку промислових газів. Цей кисень можна використувати й при лікуванні різних хвороб.

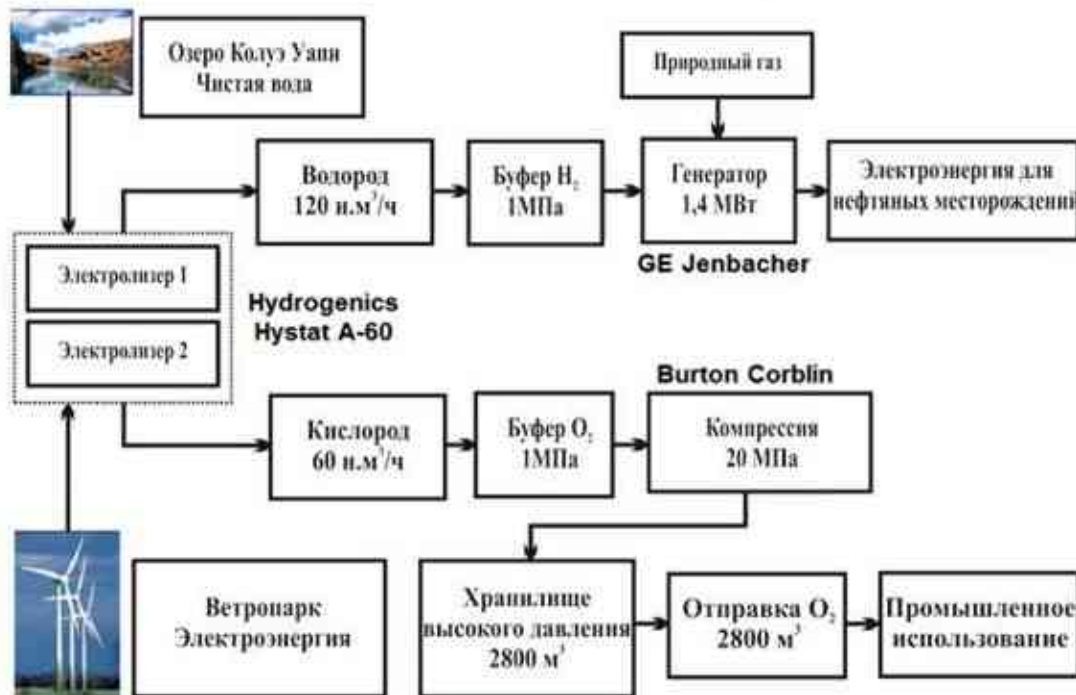


Рис. 2. Принципова схема вітро-водневого заводу "Nuchico" [8]

Широке застосування ТЗ, що використовують водень, стримується нерозвиненістю й недостатньою безпекою заправної інфраструктури, тому що водень, на відміну від вуглеводневих палив, набагато більш схильний до витоків з резервуарів і здатний послабляти матеріал їх стінок [2]. Навіть у Німеччині кількість водневих заправних станцій ледь перевищує за сотню. Їхнє встаткування, і автомобілі, що використовують водень, і їх експлуатація поки коштують набагато дорожче, чим відповідні аналоги, що використовують бензин.

Вимагають розв'язку не тільки технічні, але й багато правових питань, що відносяться до сфер інновацій і технічного регулювання в даній області. Ще в 2008 р. з ініціативи НАВЕ був створений Технічний комітет зі стандартизації ТК 029 «Водневі технології», і в Росії вже діють близько чотирьох десятків стандартів у цій області. Наприклад, параметри паливного водню, що застосовується в енергетичних установках (крім паливних елементів з протонообмінною мембраною, встановлених у дорожніх транспортних засобах), повинні відповідати ГОСТ Р ІСО 14687-1-2012. Згідно із цим стандартом, у транспортних і стаціонарних двигунах внутрішнього згоряння повинен застосовуватися водень типу І сорту А, а в промисловій енергетиці – водень типу І сорту В. Керівник НАВЕ Олександр Раменський вважає, що «Наявність

діючих національних і міждержавних стандартів в області водневих технологій і паливних елементів, гармонізованих з міжнародною системою стандартизації ISO й МЕК, дає можливість здійснити комерціалізацію ВТ і ТЕ в самий найближчий час.» Очевидно, що створювати такі стандарти й так «гармонізувати» їх необхідно й в Україні. Для демонстрації «екологічних і економічних переваг» водневих технологій О. Раменським запропоновано створити водневий транспортно-енергетичний комплекс (ВТЕК), що включає ряд заправних станцій і парк досвідчених ТЗ. Зберігати водень на борті останніх передбачається в полегшених балонах з тиском 70 МПа, виробництво яких буде потрібно організувати. Згодом тим же автором повідомлялося, що виробництво цих балонів і 100-кіловатних батарей паливних елементів для використання в автотранспорті (рис. 3) може бути налагоджене в Росії фірмою Faurecia, відповідно, в 2020 і 2022 р.



**Рис. 3. Компоненти водневих систем живлення для автотранспорту, розроблені фірмою Faurecia**

На початку 2020 р. керівник цієї фірми Патрик Коллер повідомив, що «десятиліття водню вже почалося». Поставлена мета до 2030 р. знизити вартість систем зберігання водню в чотири, а інших компонентів електромобілів – у шість разів. Впровадження автотранспорту, поставленого паливними елементами, передбачається в комерційному секторі, для чого будуть використані асигнування уряду Франції (7 мільярдів євро). П. Коллер запропонував пристосувати 20 тис. км європейських газопроводів (для природного газу) для доставки водню, напевно не знаючи про аналіз відповідних ризиків.

Що стосується дослідчих тракторів, що працюють на водні, то повідомлень про їхні випробування досить мало. Більш 10 років тому такі трактори були розроблені фірмою New Holland, а в 2012 р. почалася експериментальна експлуатація в Італії моделі NH2, оснащеної паливними елементами, що живляться воднем з балонів з тиском 35 МПа. Одночасно передбачалося відпрацювати раціональну технологію одержання водню на базі ряду способів. Набагато пізніше повідомлялося про випробування фірмою JCB дослідного екскаватора моделі 220X, постаченого паливними елементами. Очевидно, нечисленність цих повідомлень говорить про підвищену складність переведення тракторів на водень.

На нашу думку, компетентним фахівцям треба проаналізувати доцільність розміщення у м. Мелітополі сучасних виробництв балонів для зберігання водню та обладнання для ТЗ з електроприводом, а на існуючих поблизу міста вітряних і сонячних електростанціях – виробництв водню та кисню (за аргентинською схемою).

#### ***Список використаних джерел***

1. Sandbag Climate Campaign CIC. URL: <https://ember-climate.org/carbon-price-viewer>.

2. Литвиненко В.С. і ін. Бар'єри реалізації водородних ініціатив в контексті устійливого розвитку глобальної енергетики. Записки Горного інститута. 2020. Т. 244. С. 421-431.

3. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Аналіз основних тенденцій розвитку світової та вітчизняної сільськогосподарської техніки для рослинництва. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2011. Вип.166, ч.1. С. 255–261.

4. Boltyansky V., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.

5. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник НУБіП. Серія Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип.212, ч.1. С. 275–283.

6. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Використання нанотехнологій при безрозбірному сервісі автотракторної техніки. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.2. С. 97–102.

7. Dincer I., Acar C. Review and evaluation of hydrogen production methods for better sustainability. International Journal of Hydrogen Energy. 2015. Vol. 40. Issue 34. P. 11094-11111.

8. Nikolaidis P., Poullikkas A. A comparative overview of hydrogen production processes. Renewable and sustainable energy reviews. 2017. Vol. 67. P. 597-611.

УДК 631.874: 633.34

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ БІОЛОГІЗАЦІЇ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Сендецький В.М., кандидат с.-г.н.

*Івано-Франківська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» м. Івано-Франківськ, Україна*

Козіна Т.В., кандидат с.-г.н., асистент

*Подільський державний аграрно-технічний університет м. Кам'янець-Подільський, Україна*

Мельничук Т.В., кандидат с.-г. наук, с.н.с.

*Прикарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААНУ м. Івано-Франківськ, Україна*

Основою поліпшення родючості ґрунтів за гострого дефіциту традиційних видів органічних добрив, на думку науковців і прогресивних практиків, повинні стати солома і рослинні рештки. Деякі агропідприємства вже зараз дефіцит поживних речовин у ґрунті під час вирощування сільськогосподарських культур поповнюють ефективним використанням усіх видів органічних відходів тваринного і рослинного походження.

Залежно від біологічних особливостей сортів та гібридів у полі після збирання врожаю зернових культур залишається у середньому 4,5-6,0 т/га соломи, що містить 20-25 кг азоту, 10-15 кг фосфору, 140-160 кг калію і кальцію, 7-12 кг сірки та понад 400 г мікроелементів; після кукурудзи – 6-8 т/га соломи з умістом 55-60 кг азоту, 20-25 кг фосфору, 120-130 кг калію; після соняшнику – 5,5-7 т/га соломи з умістом 70-85 кг азоту, 35-40 кг фосфору, 230-255 кг калію, 80-90 кг кальцію, 30-35 кг магнію. У перерахунку на вміст цієї кількості елементів в мінеральних добривах це становить понад 6-7 тис. грн. на гектарі.

Уміст органічних сухих речовин у соломі становить 85% (для порівняння: у підстилковому гноєві – 20-25, у сидераті – 10, у рідкому гноєві – до 3%). Середній уміст загального азоту в соломі – 0,5, фосфору – 0,25, калію – 0,8 і 35-40% органічного вуглецю, який є енергетичним матеріалом для лабільних форм гумусу. За поєднання побічної продукції рослинництва з сидератом ефективність добрив і процес гумусоутворення еквівалентні застосуванню підстилкового гною у дозі 8-10 т/га [1,2,3,4].

Запровадження розробленої нами технології, яка ґрунтується на використанні соломи та інших рослинних решток в органічному землеробстві із проведенням деструкції Вермистим-Д і внесенням органічних

добрив Біопроферм та наступним висіванням культур на сидерат уможливорює одержання високоякісної біологічної (органічної) сільськогосподарської продукції з мінімальним застосуванням мінеральних добрив синтетичного походження, зменшує до мінімуму негативний техногенний вплив на агрофітоценози та довкілля загалом.

Зважаючи на вищевикладене, вивчення впливу елементів біологізації, зокрема соломи і органічних добрив виготовлених за новітніми технологіями на показники родючості ґрунту та продуктивність сільськогосподарських культур в умовах західного Лісостепу є надзвичайно актуальним.

Широке впровадження сидерації сумісно з використанням соломи сприятиме переходу до ресурсоощадної системи землеробства: до більш широкого використання відновлюваних ресурсів (нагромадження органічної речовини за рахунок сонячної енергії, біологічного азоту – в результаті діяльності бульбочкових бактерій); від марнотратства – до охорони ґрунту; від ерозійних процесів та міграції елементів живлення в глибокі шари ґрунту – до охорони навколишнього середовища загалом; від великих витрат на виробництво продуктів харчування – до стрімкого зменшення їх собівартості і підвищення рентабельності сільськогосподарського виробництва. При всіх перерахованих та інших факторах позитивного впливу сидератів на родючість ґрунту, урожай культур і його якість, особливо в проміжних посівах, ефективність їх багаторазово зростає. [3, 5].

Традиційні ресурси органічної сировини недостатні для забезпечення бездефіцитного балансу ґрунту, тому необхідно залучати додаткові резерви органічної сировини, зокрема сидерати, соломку та інші рослинні рештки.

Найдешевшим резервом поповнення у ґрунті органічних добрив є використання соломи ярих і озимих зернових культур та рослинних решток інших культур із сумісним висіванням культур на сидерат.

Використання соломи та інших рослинних решток на органічне добриво з деструкцією їх та висіванням сидератів (хоча б наполовині площі) дозволить внести додатково в перерахунку на підстилковий гній 150–200 млн. тонн органічних добрив, або понад 25% від загальної їх кількості, необхідної для без дефіцитного балансу гумусу.

Як показали наші дослідження, дані вітчизняних та закордонних науково-дослідних установ, досвід передових агропідприємств, деструкція соломи сумісно із зеленим добривом має важливе агротехнічне, економічне та екологічне значення.

Встановлено, що ефективність соломи збільшується у поєднанні з використанням мінеральних добрив, а також інших поновлюваних ресурсів агроценозів, таких як фітомаса сидератів, залученням до кругообігу біогенних елементів органогенних відходів тваринництва і птахів-



вництва, застосуванням біопрепаратів. Ці прийоми за рахунок додаткового надходження органічного вуглецю і елементів живлення у ґрунт, збільшення місткості кругообігу біогенних елементів, сприяють оптимізації гумусового і біологічного стану ґрунтів, позитивній зміні їх агрофізичних і агрохімічних властивостей.

Тому найдешевшим засобом біологізації землеробства, поліпшення родючості ґрунтів, зменшення хвороб і шкідників є висівання культур на сидерат не менше 15% у структурі посівних площ, у т.ч. на половині площ – сумісно із соломою, обробленою деструктором. Про ефективність цього агрозаходу свідчить досвід ПФ «Богдан і К» Івано-Франківської, ТОВ «Агрофірма «Колос» Київської, ПП «Агроекологія» Полтавської та агропідприємств інших областей.

Таким чином, можна з упевненістю констатувати, що вже нині досліджено й рекомендовано виробництву заходи біологізації шляхів поліпшення родючості ґрунтів, а ведення землеробства дозволяє досягти високої врожайності культур, отримати екологічно чисту і якісну продукцію, а також значно зменшити антропогенний і техногенний пресинг на агрофітоценози країни, послабити стресовий стан рослинного і тваринного світу за умов глобальних змін клімату. За сучасних умов ведення землеробства такий спосіб забезпечення ґрунтів країни органічною речовиною стратегічно важливий і економічно вигідний та доступний практично кожному господарству.

Проведеними дослідженнями встановлено, що проведення деструкції соломи і внесення органічного добрива сумісно із висіванням гірчиці білої на сидерат значно поліпшило агрофізичні властивості та поживний режим ґрунту, забезпечило зниження кислотності.

Елементи біологізації технології вирощування сої забезпечили збільшення густоти стояння рослин в період повних сходів, що створило позитивні умови для подальшої вегетації культури. На варіанті, де вносили по 8 т/га органічного добрива «Біопроферм» і проводили обприскування препаратом Вермимаг 8 л/га з висіванням гірчиці білої на сидерат густота стояння рослин в період сходів становила 58566 шт./га, що на 3,250 шт./га більше контролю, при виживанні рослин 92,7%, або на 3,5% більше контролю.

Висота прикріплення нижнього бобу рослин сої у варіантах застосування соломи із сидератами та органічними добривами становила 89,6-93,9 см, що на 1,0-2,4 см більше порівняно з контролем. В фазі дозрівання висота рослин становила 93,9 см, або на 8,7 см більше контролю, а тривалість вегетаційного періоду – 109-114 днів, що на 5-9 днів більше порівняно з контролем.

За застосування органічних добрив, Біопроферм та Вермимаг з сівбою на сидерат гірчиці білої значно поліпшувалися якісні показники зерна. Вміст сирого білка становив 43,5 % або на 3,4 % більше контролю.

Найбільша середня урожайність зерна сої 3,52 т/га, або на 1,34 т/га більше порівняно з контролем була на варіанті, де проводили деструкцію соломи (5,4 т/га) Вермистимом-Д з одночасним внесенням органічного добрива Біопроферм, виготовленого методом прискореної біоферментації в дозі 8 т/га, сівбою і заробленням у ґрунт зеленої маси гірчиці білої і здійснювали обприскування рослин сої під час вегетації препаратом Вермимаг 8 л/га.

Таке поєднання є ще й енергетично вигідним і доцільним: коефіцієнт ефективності енерговитрат становить 7,5 порівняно з 4,8 на контролі.

На цьому варіанті умовно чистий дохід становив 23285 грн./га і порівняно з контролем був більший на 9925 грн./га, рівень рентабельності становив 150,9 % (більший до контролю на 25,1%), а собівартість вирощування зменшилася на 488 грн./т.

Проведеними дослідженнями підтверджено, що застосування соломи, рослинних рештків, органічних добрив виготовлених за новітніми технологіями і сидератів, як елементів біологізації землеробства є потужними резервом збільшення врожайності с/г культур, поліпшення якості продукції та охорони довкілля. Біоорганічні елементи забезпечили зниження собівартості зерна, високі показники вартості валової продукції, чистого доходу і рівня рентабельності досліджуваного сорту сої.

#### ***Список використаних джерел***

1. Біологізація землеробства в Україні: реалії та перспективи: науково-виробниче видання / В.В. Іванишин, М.В. Роїк, І.А. Шувар, Л.В. Центило, В.М. Сендецький, О.М. Бунчак, Н.М. Колісник та ін. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2016. 284 с.

2. Шувар І.А., Бунчак О.М., Сендецький В.М., Тимофійчук О.Б., Бахмат О.М., Колісник Н.М., та ін. Виробництво та використання органічних добрив: монографія. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2015. 596 с.

3. Іванишин В.В., Шувар І.А., Бахмат М.І., Сендецький В.М., Танчик С.П., Центило Л.В., Бунчак О.М., Мельничук Т.В., Колісник Н.М., Тимофійчук Б.В., Мельник І.П., Шувар Б.І., Тимофійчук П.Б. Солома, післяжнивні рештки і сидерати – агротехнологічні елементи біологізації сучасного землеробства: монографія / за заг. ред. І.А. Шуvara, В.М. Сендецького. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2020. 292 с.

4. Шувар І.А., Бердніков О.М., Сендецький В.М., Центило Л.В., Бунчак О.М. Сидерати в сучасному землеробстві: Науково-виробниче видання (Монографія). Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 156 с.

5. Танчик С.П., Цюх О.А., Центило Л.В. Наукові основи систем землеробства. Вінниця, 2015. 314 с.

УДК 631.31/.37:631.67:632

## ВОДОСПОЖИВАННЯ ПОСІВІВ БУРКУНУ БІЛОГО ОДНОРІЧНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ ТА СПОСОБІВ ЗБИРАННЯ

Дробіт О.С., кандидат с.-г. наук,  
Влащук А.М., кандидат с.-г. наук,  
Белов В.О., здобувач

*Інститут зрошуваного землеробства НААН, м. Херсон, Україна*

Південний Степ України характеризується сприятливим кліматичним потенціалом, родючими ґрунтами, але разом з цим екстремальними погодними умовами – суховіями, високими температурними показниками та несприятливим водним режимом – нечастими опадами та їх нерівномірним розподілом впродовж вегетації. Буркун білий однорічний – культура, яка повноцінно використовує весняно-літній запас вологи з ґрунту. Цей запас може різнитися і залежати від властивостей ґрунту, зрошуваної норми, весняно-літніх опадів, а також від строків сівби та норм висіву. Щоб встановити сумарне водоспоживання вологи рослинами культури потрібно визначити запаси продуктивної вологи в ґрунті у наступні періоди – повноцінні сходи, перед збиранням врожаю, додати суму опадів за весь вегетаційний період [1, 2, 3].

Дослідження проводили протягом 2018-2020 рр. в умовах Інституту зрошуваного землеробства НААН, розташованого в південній степовій зоні України. Дослід закладали відповідно розробленої схеми та згідно загальноприйнятих методичних рекомендацій [4, 5]. Ґрунт дослідної ділянки темно-каштановий середньосуглинковий слабкосолонцюватий при глибокому рівні залягання ґрунтових вод.

Дослід польовий, двофакторний, повторення варіантів – чотириразове. Закладення дослідів проводили методом розщеплених ділянок, розміщення варіантів – рендомізоване. Фактор А (основний обробіток ґрунту): дискування (12-14 см), оранка (25-27 см); Фактор В (спосіб збирання): скошування на звал (двофазний), десикація (прямий).

Метою досліджень було встановити особливості водоспоживання посівів буркуну білого однорічного залежно від основного обробітку ґрунту та способів збирання в богарних умовах Південного Степу України.

Проведені спостереження показали, що сумарне водоспоживання посівів культури змінюється залежно від досліджуваних факторів. Встановлено, що на величину сумарного водоспоживання рослин

культури здебільшого впливав фактор А (основний обробіток ґрунту); на варіантах досліду, де проводили оранку водоспоживання, в середньому, становило 4406 м<sup>3</sup>/га, що на 183 м<sup>3</sup>/га більше, порівняно з аналогічним показником на варіантах, де виконували дискування. Це пояснюється тим, що, за оранки, запаси вологи в ґрунті дещо вищі, ніж за дискування. За фактором В (спосіб збирання) різниця в величині сумарного водоспоживання була несуттєвою і пояснювалась тим, що, за проведення десикації, строк збирання врожаю культури подовжувався на 5-6 діб, тобто кількість опадів була дещо більшою. Максимальне водоспоживання – 4409 м<sup>3</sup>/га мали посіви буркуну, де основним обробітком ґрунту була оранка, а способом збирання – десикація (прямий).

Встановлено, що, за глибокого залягання ґрунтових вод більше 10 м, водоспоживання рослин буркуну відбувалося за рахунок атмосферних опадів та запасів продуктивної вологи з ґрунту. Отримані матеріали свідчать про те, що сумарне водоспоживання рослин культури, основною мірою, залежало від атмосферних опадів вегетаційного періоду – 63,1-65,8%, при цьому використання ґрунтової вологи складало 34,2-36,9% сумарного водоспоживання.

За фактором А (основний обробіток ґрунту) найменший показник коефіцієнту водоспоживання, в середньому за період проведення досліджень – 6549 м<sup>3</sup>/т встановлено за проведення оранки (25-27 см); за фактором В (спосіб збирання) – 6927 м<sup>3</sup>/т за використання десикації (прямий). Найменший показник коефіцієнту водоспоживання, в середньому за період проведення досліджень – 5879 м<sup>3</sup>/т визначено у варіанті з застосуванням оранки (25-27 см) та десикації (прямий). Максимальний середній коефіцієнт водоспоживання – 11717 м<sup>3</sup>/т встановлений на варіанті з застосуванням дискування (12-14 см) та скошування на звал (двофазний), що пояснюється тим, що на даному варіанті отримали мінімальну по досліджуваній урожайність насіння.

#### **Список використаних джерел**

1. Шевель І. В. Водозберігаючі технології вирощування люцерни в умовах південних чорноземів // Вісник аграрної науки. 2000. № 9. С. 49-51.
2. . Кокоша О. І., Рябокляч В. О. Перспективні енергозберігаючі технології стабільних урожаїв у екстремальних умовах України // Вісник аграрної науки . 999. №7. С.16 – 19.
3. Шевель І. В. Сумарне водоспоживання люцерни при зрошенні // Вісник аграрної науки. 2002. №9. С.67 – 69.
4. Методика польового досліду / В. О. Ушкаренко, Р. А. Вожегова, С. П. Голобородько, С. В. Коковіхін. Херсон : Грінь Д.С., 2014. 448 с.
5. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / Р. А. Вожегова, Ю. О. Лавриненко, М. П. Малярчук. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 286 с.

УДК 635.11

## ВПЛИВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ І ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ БУРЯКА СТОЛОВОГО В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

Безвіконний П.В., к. с.-г. н., доцент

*Подільський державний аграрно-технічний університет*

**Постановка проблеми.** Потреба населення в коренеплодах буряка столового з кожним роком збільшується. Середньорічна норма споживання овочів на одну людину становить 161 кг, з цієї норми на долю буряка столового припадає – 10 кг [1]. Буряк столовий є одним із провідних видів овочевих рослин в Україні. Його посіви займають понад 40 тис. га. (близько 10 %) усіх площ, на яких розміщені овочеві [2].

Ефективне використання біологічного ресурсу буряка столового дозволяє забезпечити потребу населення у високоякісній продукції і зміцнити сировинну базу для годівлі сільськогосподарських тварин.

У західному Лісостепу фактична врожайність коренеплодів становить 35,0-40,0 т/га, що в кілька разів нижче за потенційну. Однак результати виробничого досвіду і науково-дослідних установ підтверджують можливість отримання високих планованих урожаїв цієї культури [3].

Буряк росте повільно в початковий період вегетації для нього потрібні пухкі ґрунти, чисті від бур'янів. Тому основними проблемами при вирощуванні буряка столового є визначення закономірностей формування врожаю цієї культури в залежності від обробітку ґрунту та внесення гербіцидів.

**Мета** дослідження полягала в розробці ефективних способів знищення бур'янів на основі спільного впливу обробітку ґрунту і застосування гербіцидів, які забезпечували б їх раціональне використання та сприяли підвищенню урожайності буряка столового в умовах західного Лісостепу України.

**Основні матеріали дослідження.** Дослідження проводились на дослідному полі Навчально-виробничого центру «Поділля» Подільського державного аграрно-технічного університету впродовж 2017-2019 років. Досліджували сорт Бікорес (Нідерланди).

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий вилугуваний, мало гумусний, середньо суглинковий на лесовидних суглинках. Вміст гумусу (за Тюрнімом) в шарі ґрунту 0-3 см становить 3,8%. Вміст сполук азоту, що легко гідролізуються (за Корнфілдом) становить 118 мг/кг, рухомого фосфору (за Чіріковим) 153 мг/кг (високий) і обмінного калію (за Чіріковим) – 164 мг/кг ґрунту (високий).



Схема досліду: Фактор А: 1. Оранка ПЛН 5-35 на 20-22 см. 2. Плоскорізний обробіток КЛД-2,0 на 14-16 см. 3. Дискування БДП-6,3 на глибину 10-12 см.

Фактор В: 1. Контроль (без внесення гербіцидів); 2. Застосування гербіцидів Гладіатор 5,0-6,0 л/га, Голдікс 6 л/га і Дуал Голд 1,2-1,6 л/га проводили перед посівом.

Фенологічні спостереження, біометричні і фізіолого-біохімічні дослідження проводили за методиками Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка., В.Ф. Мойсейченка [4, 5].

Аналізуючи данні проведених досліджень слід відмітити, що в контрольному варіанті, де не вносили гербіциди на початку формування коренеплодів в середньому за 2017-2019 роки, кількість бур'янів досягло в залежності від варіантів обробки від 40,2 шт/м<sup>2</sup> і 55,8 шт/м<sup>2</sup>. При застосуванні гербіцидів засміченість зменшилася, і перед посівом на усіх варіантах внесення бур'янів не спостерігалось. Застосування Гладіатор на фоні оранки знижувало засміченість в порівнянні з контролем в середньому за три роки дослідження, і до збирання вона склала 5,3 шт/м<sup>2</sup>, 7,6 шт/м<sup>2</sup> на варіанті КЛД-2,0 і 17,4 шт/м<sup>2</sup> при БДП-6,3.

Застосування Голдікс сприяло зменшенню засміченості перед збиранням врожаю на фоні оранки до 4,8 шт/м<sup>2</sup>, 5,3 шт/м<sup>2</sup> при плоскорізному обробітку і при дискуванні – 14,1 шт/м<sup>2</sup>.

Гербіцид Дуал Голд (1,2-1,6 л/га) був менш ефективним в порівнянні з Гладіатор і Голдікс. На варіанті (БДП-6,3) гербіцид Гладіатор показав себе ефективніше на 14%, а Голдікс на 30% в порівнянні з Дуал Голд.

Встановлено, що на контрольному варіанті, де не вносили гербіциди, врожайність буряка столового в середньому за три роки досліджень становила у варіанті з оранкою на глибину 20-22 см – 42,3 т/га, на варіанті з обробітком ґрунту КЛД-2,0 на 0,7 т/га менше – 41,6 т/га, а при дискуванні ґрунту БДП-6,3 на глибину 10-12 см – 38,6 т/га.

При використанні гербіцидів врожайність буряка столового підвищується. Так при застосуванні Гладіатора (5,0-6,0 л/га) врожайність в середньому за роки досліджень становила 63,9 т/га на варіанті з оранкою ПЛН 5-35 на 20-22 см, при обробці КЛД-2,0 – 60,7 т/га, а на фоні дискування – 55,7 т/га.

При використанні ґрунтового гербіциду Голдікс (6 л/га) врожайність буряка столового підвищилася і склала на варіанті з оранкою – 64,5 т/га, 60,4 т/га при обробці КЛД-2,0, а у варіанті з дискуванням – 56,1 т/га.

У порівнянні з двома попередніми гербіцидами Дуал Голд (1,2-1,6 л/га) був менш ефективним.

**Висновки.** Дослідження показали, що в умовах Західного Лісостепу оптимізація обробітку ґрунту і раціональне застосування

гербицидів підвищує врожайність буряка столового. Серед способів обробітку ґрунту найбільш високі показники отримані на варіантах з оранкою ПЛН 5-35 на 20-22 см. У розрізі гербицидів найбільш ефективними виявилися Гладіатора (5,0-6,0 л/га) та Голдікс (6 л/га).

**Список використаних джерел**

1. Барабаш О. Ю. Овочівництво. Підручник. Київ: Вища школа, 1994. 374 с.
2. Куц О. В. Підвищення урожайності та покращення лежкості коренеплодів буряка столового при застосуванні позакореневих підживлень рослин мікроелементами. *Овочівництво і баштанництво*. 2007. № 53. С. 89–95.
3. Безвіконний П. В. Потенціал урожайності сортів нового покоління буряка столового в умовах Лісостепу Західного *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2015. № 23 С. 182–189.
4. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа, 2001. 370 с.
5. Моисейченко В. Ф., Трифонова М. Ф., Завирюха А. Х. Основы научных исследований в агрономии Москва: Колос, 1996. 336 с.

УДК 621.921:621.924

**ПРИСТРІЙ ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЛЯ ПРИТИСКАННЯ  
РУЧНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПОЛІРУВАЛЬНОЇ МАШИНИ ДЛЯ  
ВІДНОВЛЕННЯ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ КУЗОВНИХ  
ЕЛЕМЕНТІВ САМОХІДНИХ КОЛІСНИХ МАШИН**

Керницький І.С., д.т.н.,  
Березовецький С.А., к.т.н.,  
Гуменюк Р.В., к.т.н.,  
Якимчук О.В., магістр

*Львівський національний аграрний університет, м. Дубляни, Україна.*

**Постановка проблеми.** Час і агресивне навколишнє середовище, призводять до того, що з роками верхній шар лакофарбового покриття кузовних елементів самохідних колісних машин (СКМ) руйнується. Щоб запобігти цьому, необхідно здійснювати їх полірування [1, 2]. Процес полірування дозволяє створити на лакофарбовій поверхні захисний бар'єр, який відштовхує воду і бруд, перешкоджає окисленню і хімічному руйнуванню лакофарбового покриття. Полірування елементів кузовів СКМ має високі захисні властивості від різних впливів навколишнього середовища [3, 4, 5], дозволяє прибрати

неглибокі подряпини і відновити верхній шар лакофарбового покриття за рахунок нагріву поверхні. На процес полірування елементів кузовів впливають такі параметри: стан поверхні лакофарбового покриття, тривалість полірування, швидкість обертання полірувального круга, кількість різновидів паст та жорсткість полірувальних кругів, способів їх обертання та зусилля притискання до оброблюваної поверхні тощо [6].

З перелічених параметрів не вивченим залишається питання зусилля притискання, яке напряду впливає на процес полірування, витрати електроенергії, тривалості полірувальних робіт тощо. Визначення зусилля притискання поролонового круга полірувальної машини до оброблюваної поверхні дасть можливість ув'язати всі параметри машини і уможливить визначення оптимальних рекомендаційних режимів її роботи.

Для машинного полірування застосовують декілька типів полірувальних машин (рис. 1) [7, 8, 9].



Рис. 1. Аналіз ринку полірувальних машин

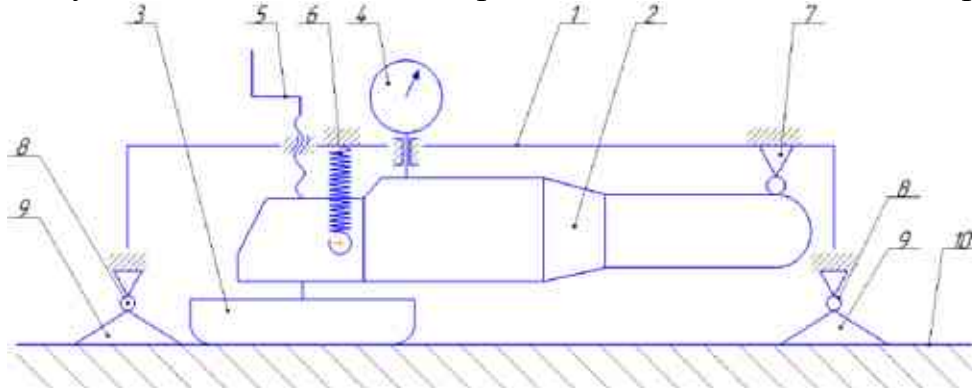
Аналізуючи дані (рис.1) можна зробити висновок про те, що кожна із полірувальних машин характеризується наступними параметрами: потужністю електродвигуна, обертами ротора, вагою машини, вібрацією, можливістю плавного регулювання швидкості обертання ротора двигуна, дизайном, ергономікою, лівим-правим обертанням, способом обертання поролонового диска та їх кількістю тощо.

Всі ці параметри, а також стан полірувальної поверхні, склад полірувальної суміші, зусилля притискання полірувальної машини до оброблюваної поверхні, а також її робоча температура, впливають на кінцеву якість лакофарбового покриття, продуктивність виконання

полірувальних робіт, кількість затраченого матеріалу (пасти, суміші) і електроенергії.

Проаналізувавши дані вітчизняних і закордонних виробників [7, 8, 9], а також наукові дослідження у даному напрямку [1-6] переконались у недостатній кількості теоретичних даних саме через відсутність експериментальних досліджень.

**Основні матеріали дослідження.** Для дослідження зусилля притискання ручної електричної полірувальної машини до кузовних елементів самохідних колісних машин нами запропоновано дослідну установку, схема якої наведена на рис. 2, а загальний вигляд - на рис. 3.



**Рис. 2. Схема установки для дослідження зусилля притискання полірувальної машини до оброблюваної поверхні:**

1 – рама; 2 – полірувальна машина; 3 – полірувальний поролоновий круг; 4 – індикатор годинникового типу; 5 – гвинт регулювання нормальної сили; 6 – протаровані пружини; 7 – кронштейн рухомий; 8 – рухоме з'єднання; 9 – вакуумний пристрій; 10 – оброблювана лакофарбова поверхня.



**Рис. 3. Загальний вигляд дослідної установки для дослідження зусилля притискання полірувальної машини до оброблюваної поверхні**

Перед початком експериментальних досліджень нами протаровано і отримано тарувальну характеристику пружин розтягу (рис. 4).

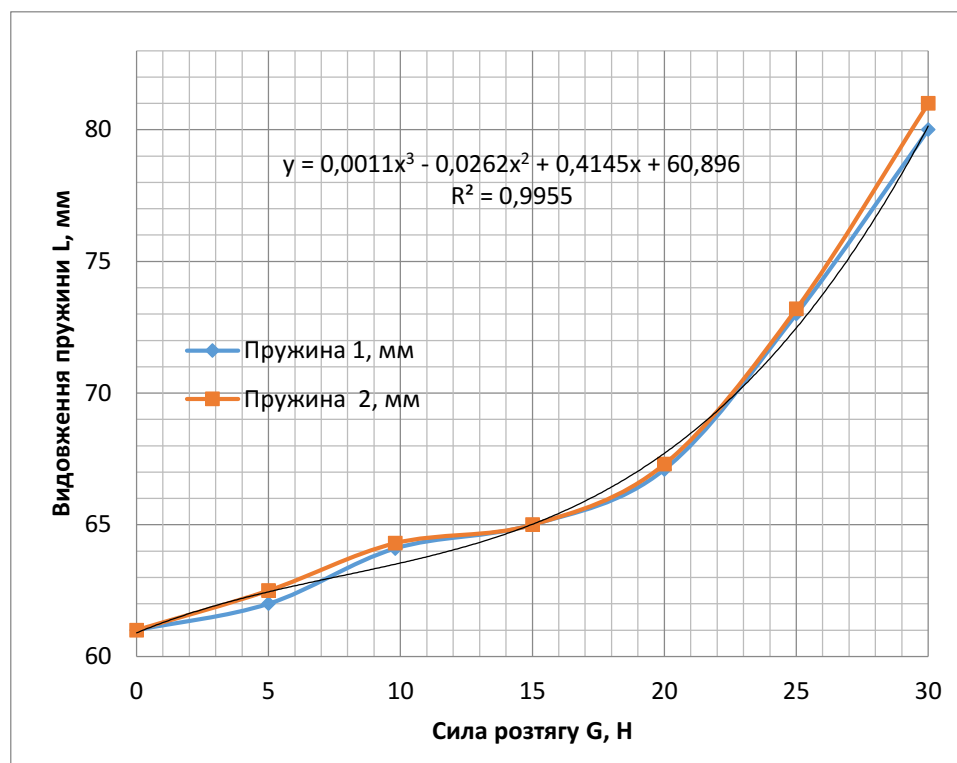


Рис. 4. Тарувальна характеристика пружин ( $G=f(L)$ )

Принцип роботи дослідної установки полягає в наступному: за допомогою вакуумних пристроїв 9 і рухомих з'єднань 8 кріпимо дану установку на оброблюваній поверхні елемента кузова самохідної машини 10 попередньо добавивши полірувальну пасту на полірувальний поролоновий круг 3. Увімкнувши ручну електричну полірувальну машину 2, яка завдяки рухомому кронштейну 7 кріпиться на рамі 1 передаємо зусилля притискання регульовальним гвинтом 5 через протаровані пружини розтягу 6 і індикатор годинникового типу 4.

Паралельно з роботою полірувальної машини визначаємо її поточну витрату потужності за допомогою струмовимірювального приладу DT3266A, температуру поверхні лакофарбових покриттів, температуру машини пірометром GM320 Venetech, частоту обертання робочого органу - полірувального поролонового круга завдяки електронному тахометру DT2234C+ і тривалість полірувальних робіт – за допомогою секундоміра.

**Висновки.** Дана установка забезпечує вимірювання параметрів полірування полірувальних машин різних типів на різних лакофарбових поверхнях з різними полірувальними пастами та кругами в широкому діапазоні швидкостей, часу та зусилля її



притискання до оброблюваної поверхні, що дозволить ув'язати всі параметри машини і уможливить визначення оптимальних рекомендаційних режимів її роботи.

**Список використаних джерел**

1. Ламбурн Р. Лакокрасочные материалы и покрытия. Теория и практика: уч.пособ. / СПб: Химия. 1991. 512 с.
2. Дринберг А.Я., Снедзе А.А., Тихомиров А.В. Технология лакокрасочных покрытий: уч. пособ. / за ред. Л.Я. Ринова. Ленинград: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1951. 528 с.
3. Чистосердов П.С. Отделочно-абразивные методы обработки: уч. пособ / Минск: Выш. школа. 1983. 287 с.
4. Шальнов В.А. Шлифование и полирование высокопрочных материалов: уч. пособ. / Москва: Машиностроение. 1972. 272 с.
5. Космачев И.Г., Дугин В.Н., Немцев Б.А. Отделочные операции в машиностроении: уч. пособ. / Ленинград: Лениздат. 1985. 248 с.
6. Sanchez L.E.A., Jun N.Z.X., Flocchi A.A. Surface finishing of flat pieces when submitted to lapping kinematics on abrasive disc dressed under several overlap factors. *Precision Engineering*. 2011. Vol. 35, No. 2. P. 355–363.
7. Инструменты для обработки лакированных поверхностей: каталог-справочник компании Flex, 2017. 12 с.
8. Полезная информация о лакокрасочном покрытии и антикоррозионной защите: каталог-справочник компании Mercedes-Benz, 2013. 49 с.
9. Полировальные системы: каталог-справочник компании Rupes, 2020. 27 с.

**UDC 631.1****NEXT GENERATION OF FARMING**

Babayeva S.N., 2 year student

Goroshchenia Z.M., senior teacher, scientific adviser

*Belarusian state agrarian technical university, Minsk, Belarus*

**Introduction.** Innovation is more important in modern agriculture than ever before. The industry as a whole is facing huge challenges, from rising costs of supplies, a shortage of labor, and changes in consumer preferences for transparency and sustainability. There is increasing recognition from agriculture corporations that great solutions are needed for these challenges. Major technology innovations in the space have focused around areas such as indoor vertical farming, automation and robotics, livestock technology, modern greenhouse practices, precision agriculture and artificial intelligence, and blockchain.

**Body.** Indoor vertical farming can increase crop yields, overcome limited land area, and even reduce farming's impact on the environment by cutting down distance traveled in the supply chain. Indoor vertical farming can be defined as the practice of growing produce stacked one above another in a closed and controlled environment. By using growing shelves mounted vertically, it significantly reduces the amount of land space needed to grow plants compared to traditional farming methods. This type of growing is often associated with city and urban farming because of its ability to thrive in limited space. Vertical farms are unique in that some setups don't require soil for plants to grow. Most are either hydroponic, where vegetables are grown in a nutrient-dense bowl of water, or aeroponic, where the plant roots are systematically sprayed with water and nutrients. Instead of natural sunlight, artificial grow lights are used.

From sustainable urban growth to maximizing crop yield with reduced labor costs, the advantages of indoor vertical farming are apparent. Vertical farming can control variables such as light, humidity, and water to precisely measure year-round, increasing food production with reliable harvests. The reduced water and energy usage optimizes energy conservation, vertical farms use up to 70% less water than traditional farms.

Labor is also greatly reduced by using robots to handle harvesting, planting, and logistics, solving the challenge farms face from the current labor shortage in the agriculture industry.

Farm automation, often associated with "smart farming", is technology that makes farms more efficient and automates the crop or livestock production cycle. An increasing number of companies are working on robotics innovation to develop drones, autonomous tractors, robotic harvesters, automatic watering, and seeding robots. Although these

technologies are fairly new, the industry has seen an increasing number of traditional agriculture companies adopt farm automation into their processes.

New advancements in technologies ranging from robotics and drones to computer vision software have completely transformed modern agriculture. The primary goal of farm automation technology is to cover easier, mundane tasks. Some major technologies that are most commonly being utilized by farms include: harvest automation, autonomous tractors, seeding and weeding, and drones. Farm automation technology addresses major issues like a rising global population, farm labor shortages, and changing consumer preferences. The benefits of automating traditional farming processes are monumental by tackling issues from consumer preferences, labor shortages, and the environmental footprint of farming.

The traditional livestock industry is a sector that is widely overlooked and under-serviced, although it is arguably the most vital. Livestock provides much needed renewable, natural resources that we rely on every day. Livestock management has traditionally been known as running the business of poultry farms, dairy farms, cattle ranches, or other livestock-related agribusinesses. Livestock managers must keep accurate financial records, supervise workers, and ensure proper care and feeding of animals. However, recent trends have proven that technology is revolutionizing the world of livestock management. New developments in the past 8-10 years have made huge improvements to the industry that make tracking and managing livestock much easier and data-driven. This technology can come in the form of nutritional technologies, genetics, digital technology, and more.

Livestock technology can enhance or improve the productivity capacity, welfare, or management of animals and livestock. The concept of the 'connected cow' is a result of more and more dairy herds being fitted with sensors to monitor health and increase productivity. Putting individual wearable sensors on cattle can keep track of daily activity and health-related issues while providing data-driven insights for the entire herd. All this data generated is also being turned into meaningful, actionable insights where producers can look quickly and easily to make quick management decisions.

Animal genomics can be defined as the study of looking at the entire gene landscape of a living animal and how they interact with each other to influence the animal's growth and development. Genomics help livestock producers understand the genetic risk of their herds and determine the future profitability of their livestock. By being strategic with animal selection and breeding decisions, cattle genomics allows producers to optimize profitability and yields of livestock herds.

Sensor and data technologies have huge benefits for the current livestock industry. It can improve the productivity and welfare of livestock by detecting sick animals and intelligently recognizing room for improvement. Computer vision allows us to have all sorts of unbiased data that will get summarized into meaningful, actionable insights. Data-driven

decision-making leads to better, more efficient, and timely decisions that will advance the productivity of livestock herds. Nowadays, in large part due to the tremendous recent improvements in growing technology, the industry is witnessing a blossoming like no time before.

Greenhouses today are increasingly emerging that are large-scale, capital-infused, and urban-centered. Modern greenhouses are becoming increasingly tech-heavy, using LED lights and automated control systems to tailor perfectly the growing environment. Successful greenhouse companies are scaling significantly and their growing facilities are located near urban hubs to capitalize on the ever-increasing demand for local food, no matter the season. To accomplish these feats, the greenhouse industry is also becoming increasingly capital-infused, using venture funding and other sources to build out the infrastructure necessary to compete in the current market.

Agriculture is undergoing an evolution and technology is becoming an indispensable part of every commercial farm. New precision agriculture companies are developing technologies that allow farmers to maximize yields by controlling every variable of crop farming such as moisture levels, pest stress, soil conditions, and micro-climates. By providing more accurate techniques for planting and growing crops, precision agriculture enables farmers to increase efficiency and manage costs.

Blockchain's capability of tracking ownership records and tamper-resistance can be used to solve urgent issues such as food fraud, safety recalls, supply chain inefficiency and food traceability in the current food system. Blockchain's unique decentralized structure ensures verified products and practices to create a market for premium products with transparency.

Food traceability has been at the center of recent food safety discussions, particularly with new advancements in blockchain applications. Due to the nature of perishable food, the food industry at whole is extremely vulnerable to making mistakes that would ultimately affect human lives. When foodborne diseases threaten public health, the first step to root-cause analysis is to track down the source of contamination and there is no tolerance for uncertainty.

Consequently, traceability is critical for the food supply chain. The current communication framework within the food ecosystem makes traceability a time-consuming task since some involved parties are still tracking information on paper. The structure of blockchain ensures that each player along the food value chain would generate and securely share data points to create an accountable and traceable system. Vast data points with labels that clarify ownership can be recorded promptly without any alteration. As a result, the record of a food item's journey, from farm to table, is available to monitor in real-time.

The use cases of blockchain in food go beyond ensuring food safety. It also adds value to the current market by establishing a ledger in the network and balancing market pricing. The traditional price mechanism for buying and selling relies on judgments of the involved players, rather than the information provided by the entire value chain. Giving access to data would create a holistic picture of the supply and demand. The blockchain application for trades might revolutionize traditional commodity trading and hedging as well. Blockchain enables verified transactions to be securely shared with every player in the food supply chain, creating a marketplace with immense transparency.

The rise of digital agriculture and its related technologies has opened a wealth of new data opportunities. Remote sensors, satellites, and UAVs can gather information 24 hours per day over an entire field. These can monitor plant health, soil condition, temperature, humidity, etc. The amount of data these sensors can generate is overwhelming, and the significance of the numbers is hidden in the avalanche of that data.

The idea is to allow farmers to gain a better understanding of the situation on the ground through advanced technology (such as remote sensing) that can tell them more about their situation than they can see with the naked eye. And not just more accurately but also more quickly than seeing it walking or driving through the fields.

Remote sensors enable algorithms to interpret a field's environment as statistical data that can be understood and useful to farmers for decision-making. Algorithms process the data, adapting and learning based on the data received. The more inputs and statistical information collected, the better the algorithm will be at predicting a range of outcomes. And the aim is that farmers can use this artificial intelligence to achieve their goal of a better harvest through making better decisions in the field.

**Conclusion.** Technological change in agriculture is still vitally important throughout the world. It is important to consider the consequences of technological change through adoption of innovation. In-depth case studies over time are needed to further our understanding of how and why individuals and agricultural social collectives adopt technological change. Above all, the social, economic, and political contexts of innovation must be studied with the models and methods of modern structural analysis. All this provides a basis for continuing to build on a wealth of research materials.

### **References**

1. Ku L. New Agriculture Technology in Modern Farming / L. Ku 2019/  
URL: // <https://www.plugandplaytechcenter.com/resources> (Date of access: 23.11.2020.)
2. McClelland J. Top 5 tech-innovations in agriculture / J. McClelland  
URL: // <https://www.raconteur.net/sustainability> (Date of access: 23.11.2020.)



---

**СЕКЦІЯ 2. ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА ТА ТВАРИННИЦТВА**

---

УДК 664.71–11:338.439

**ВИХІД І ЯКІСТЬ КРУПИ ПЛЮЩЕНОЇ ІЗ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ РІЗНОГО ТИПУ ТВЕРДОЗЕРНОСТІ**

Любич В. В., д. с.-г. н.,

*Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна*

**Постановка проблеми.** Пшениця – основна зернова культура у світі, що є цінним джерелом рослинного білка для людини. У порівнянні з рисом та кукурудзою, пшениця є сировиною для багатьох продуктів харчування, зокрема хлібобулочних виробів і крупів. Це зумовлено особливою структурою білка пшениці, що на 60–80 % складається із гліадинів і глютенінів [1]. Майже 55 % вуглеводів та 60 % калорій, що споживають у світі мають походження із зерна пшениці [2]. Зерно пшениці насичене макро- й мікроелементами, а застосування елементів сучасної агротехнології дозволяє ефективно їх збільшення [3].

Проте незважаючи на широке поширення та популярність білки пшениці можуть викликати алергічну реакцію в організмі людини, що стимулює роботу генної інженерії та селекції що до нівелювання відповідної негативної дії [4, 5]. Нині зафіксовано істотне збільшення кількості сортів та ліній пшениць. Вони мають покращені технологічні властивості, підвищену якість, високу біологічну цінність. Тому незважаючи на багатовікову історію використання зерна пшениці, адаптування її нових сортів до умов сучасного виробництва є актуальним.

В умовах сучасної ринкової економіки перспективним є розширення асортименту готових продуктів, зокрема крупів, що мають вагоме значення у раціоні харчування людини. Також ефективним є зменшення енерговитрат під час перероблення сировини

**Основні матеріали дослідження.** Об'єктом досліджень було зерно пшениці м'якої, що вирощено на дослідній ділянці Уманського національного університету садівництва в умовах Правобережного Лісостепу України. Попередник – зайнятий пар. Внесення добрив: азотні – 120 кг/га д. р., фосфорні та калійні – 60 кг/га д. р. Показники якості: склоподібність –  $95 \pm 4$  %, натура  $720 \pm 16$  г/л, вміст білка  $11,4 \pm 0,6$  %.

Під час дослідження встановлювали вплив основних параметрів виробництва крупів плющених (тривалість пропарювання, тривалість

відволожування) на вихід крупи, коефіцієнт її розварювання та тривалість варіння. Кроки і рівні варіювання були ідентичними для твердозерного та м'якозерного типів зерна. Перед пропарюванням зерно лущили. Індекс лущення дослідних зразків був сталим і становив  $10 \pm 0,5$  %, що зумовлювало отримання крупів задовільної кулінарної якості. Оцінювання тривалості варіння та коефіцієнта розварювання здійснювали загальноприйнятою методикою. Для вивчення процесу гарячого кондиціонування використано лабораторний пропарювач періодичної дії, спроектований і розроблений на кафедрі технології зберігання і перероблення зерна Уманського НУС.

Принцип роботи плющильної машини полягає у деформації сировини вальцями 1 і 2 за встановленого між ними зазору 0,5 мм. Під час виробництва крупів плющеної валок 3 встановлюють у неробоче положення. Потужність електродвигуна верстата становить 0,75 кВт, частота обертання валу електродвигуна – 25 Гц, тип передачі – клинопасова, частота обертання швидкохідного вальця – 2,5 Гц, продуктивність машини становить 0,1 кг/хв, кут нахилу рифлів – 8, кількість рифлів на 1 см – 10.

Тривалість варіння каші визначали електронним секундоміром. Вихід крупи встановлювали за допомогою лабораторних електронних вагів із точністю вимірювання 0,01 г.

Кількість аналітичних повторювань – чотири. Результати аналітичних повторювань обробляли методами описової статистики за допомогою програм Ексель та Статистика 10. Якість експерименту оцінювали значенням коефіцієнта варіації вибірок, що формували із даних аналітичних повторювань. Експеримент вважали достовірним за неістотного варіювання даних аналітичних повторювань. Залежності між факторами знаходили методом дисперсійного та регресивного аналізу. Вибір оптимальних методів оброблення здійснювали інтерполяцією вибірок експериментальних даних із побудовою функції бажаності.

Перевагою використання діаграм бажаності є можливість комплексного та виведення достовірних тенденцій та рекомендацій. Суть відповідного аналізу полягає у співставленні всіх результатів статистичного оброблення закономірностей між чинниками та критеріями вдосконалення, побудови комплексної функції та пошук її екстремальних значень.

**Результати дослідження.** Встановлено, що вихід крупи підвищувався із збільшенням тривалості пропарювання та відволожування незалежно від твердозерності сировини. А тому можна стверджувати про подібний позитивний вплив зволоження та термічного оброблення на зерно різної твердозерності. Проте більшим вихід мали зразки, вироблені із м'якозерного типу. Це пояснюється більшою швидкістю клейстеризації крохмальних гранул зерна м'якозерного типу, що у результаті

зменшує кількість утвореної мучки. Пропарювання зерна твердозерного типу більше 15-ти хвилин було неефективним, оскільки утворювалась істотна кількість злиплених зерен, що відносили до відходів. Варіювання вибірок виходу крупів отриманих за різних режимів оброблення було неістотним (для м'якозерного типу – 2,98; твердозерного – 2,90).

Зафіксований істотне зменшення тривалості варіння у результаті підвищення тривалості пропарювання та відволожування незалежно від твердозерності сировини (Coef.Var.=12,80; 10,90). Коефіцієнт розварювання крупів плющених, аналогічно їх виходу, варіював неістотно залежно від параметрів оброблення, проте був вищим у зразках із твердозерного типу зерна.

Отже, вплив типу сировини та параметрів її оброблення на вихід та якість продукту є очевидним. Проте методами описової статистики досить важко встановити достовірний зв'язок між цими чинниками, що вимагає подальшого математичного оброблення.

Із високою ймовірністю можна стверджувати, що вихід крупи та тривалість її варіння відрізнялись у зразках різної твердозерності. Проте для показника тривалості варіння була підтверджена нульова гіпотеза ( $p=0,40$ ). Під час перероблення м'якозерного типу пшениці можна отримати на 2,1 % більший вихід крупи плющеної, проте коефіцієнт її розварювання буде в середньому на 0,2 од. меншим.

Отже, враховуючи достовірний вплив типу твердості на показники круп'яного виробництва, цю ознаку доцільно використовувати під час маркетингової діяльності підприємств. Техніко-економічні показники вириробництва пластівців під час перероблення м'якозерного типу вищі за рахунок підвищеного виходу продукту. Це сприятиме зменшенню собівартості виробництва та виробництва доступних для мало-забезпечених верств населення продуктів. Проте більші затрати під час перероблення твердозерних типів зерна компенсуються підвищеними органолептичними характеристиками.

Найбільш точно вихід крупи залежно від тривалості пропарювання та відволожування можна описати математично за допомогою функції другого порядку ( $R^2=0,74$ ):

$$W = 77,28889 + 0,38T_{np.} + 0,02867T_{np.}^2 + 2,99333T_{відв.} - 0,10733T_{відв.}^2 - 0,059T_{np.}T_{відв.}$$

де  $W$  – вихід крупи, %;  $T_{np.}$  – тривалість пропарювання хв.;  $T_{відв.}$  – тривалість відволожування, хв.

Лінійну залежність встановлено між тривалістю варіння каші, тривалістю пропарювання та тривалістю відволожування ( $R^2=0,96$ ):

$$T_{варіння} = 23,24167 - 0,5T_{np.} - 0,133333T_{відв.}$$

Описати математично вплив параметрів вироблення крупи плющеної на коефіцієнт розварювання неможливо, оскільки довірчий рівень коефіцієнтів регресій був низький ( $p=0,49-0,91$ ). Це свідчить про відсутність достовірного зв'язку між параметрами водо теплового оброблення м'якозерного типу зерна та відповідним показником. Враховуючи, що коефіцієнти розварювання м'якозерного та твердозерного типів достовірно відрізнялись можна зробити припущення про більш вагомий вплив характеристик сировини на відповідний показник та відсутність можливості його зміни у виробничих умовах.

Вибір оптимальних параметрів перероблення м'якозерного типу пшениці здійснювали враховуючи вихід крупи, тривалість її варіння та енерговитрати на процес пропарювання. У цілому підвищення тривалості пропарювання підвищувало вихід крупи та зменшувало тривалість її варіння, проте енерговитрати на її вироблення зростали прямо пропорційно. Надмірна тривалість відволожування погіршувало вихід крупи, тоді як відволожування упродовж 10–12 хв підвищувало вихід. Найбільш стрімке зменшення тривалості варіння каші зафіксовану у результаті підвищення тривалості відволожування з 5-ти до 10-ти хвилин. Подальше збільшення тривалості пропарювання зменшувало тривалість варіння неістотно.

Під час побудови функції бажаності пріоритетними були найбільший вихід продукту, найменша тривалість його варіння та енерговитрати. Для досягнення поставлених критеріїв було обрано режими, що вважали оптимальними (тривалість пропарювання 10 хв, тривалість відволожування 10–12 хв).

За використання рекомендованих режимів під час перероблення зерна пшениці м'якозерного типу можна отримати вихід крупів плющених 97,2 % із тривалістю варіння 16,5 хв. Оскільки енерговитрати на виробництво крупів пораховані під час лабораторного вироблення, порівнювати їх значення до виробничих умов неможливо, проте встановлена тенденція їх зміни буде актуальною.

**Висновки.** Вихід крупів зі м'якозерного типу зерна (95,9 %) був більшим порівняно із виходом крупів м'якозерного типу (93,8 %). Достовірно відрізняються типи пшениці за коефіцієнтом розварювання тоді як тривалість варіння подібна для крупи із м'якозерного та твердозерного типів пшениці. Оптимальним режимом водо теплового оброблення за виробництва крупів плющених із м'якозерного типу зерна є пропарювання упродовж 10 хв з відволожуванням 10–12 хв. Рациональним під час перероблення твердозерного типу пшениці є її пропарювання впродовж 10-ти хвилин з наступним відволожуванням упродовж 12–13 хв.

**Список використаних джерел**

1. Zheng T., Qi P. F., Cao Y. L., Han Y. N., Ma H. L., Guo Z. R. Zheng Y. L. Mechanisms of wheat (*Triticum aestivum*) grain storage proteins in response to nitrogen application and its impacts on processing quality. *Sci Rep.* 2018. Vol. 8(1). P. 119–128.
2. Nedelkou I. P., Maurer A., Schubert A., Leon J., & Pillen K. (2017). Exotic QTL improve grain quality in the tri-parental wheat population SW84. *PLoS One.* 2017. Vol. 12(7). P. 779–781.
3. Popko M., Michalak I., Wilk R., Gramza M., Chojnacka K., & Gorecki H. Effect of the New Plant Growth Biostimulants Based on Amino Acids on Yield and Grain Quality of Winter Wheat. *Molecules.* 2018. Vol. 23(2). P. 668–675.
4. Wang H., Zhang H., Li B., Yu Z., Li G., Zhang J., & Yang Z. Molecular Cytogenetic Characterization of New Wheat-*Dasyphyrum breviaristatum* Introgression Lines for Improving Grain Quality of Wheat. *Front Plant Sci.* 2018. Vol. 9. P. 365–374.
5. Reig-Otero Y., Manes J., & Manyes L. Amylase-Trypsin Inhibitors in Wheat and Other Cereals as Potential Activators of the Effects of Nonceliac Gluten Sensitivity. *J Med Food.* 2018. Vol. 21(3). P. 207–214.

УДК 631.316.022.4

**ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА ГРУНТУ**

Волик Б.А., к.т.н., доцент  
Теслюк Г.В., к.т.н., доцент  
Коновий А.В., аспірант,  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,  
м. Дніпро, Україна

**Постановка проблеми.** Незалежно від прийнятої технології вирощування сільськогосподарських культур, мінімум один раз за сівозміну (5-7 років) виконується глибокий обробіток чизелем або глибокорозпушувачем. з метою ліквідації ущільнення ґрунту [7]. Розрізняють два види ущільнення ґрунту: поверхнєве — до 30 см і підорне переущільнення — на глибину понад 30 см. [6]. Як показує вивчений нами досвід господарств, найбільш раціональним є використання для боротьби з кожним з видів переущільнення окремих, спеціально адаптованих знарядь. Наприклад, раз в сівозміну проводити розпушення на глибину 30 см і раз в сівозміну на більшу глибину. Таким чином, в господарстві необхідно мати мінімально два види глибокорозпушувачів, спеціально адаптованих під процес.



**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналізом відомих конструктивних рішень встановлено, що на глибину до 30 см розпушення найбільш раціонально виконувати робочими органами по типу стрільчастої лапи (рис.1,а), на більшу глибину долотоподібними (рис.1,б). Така диференціація пов'язана з особливостями розповсюдження ліній сколу на різних глибинах



а



б

**Рис. 1. Глибокорозпушувач Гульден ТОВ «Лозовські машини» (а)  
Глибокорозпушувач Diamant (б)**

Аналіз аналітичних досліджень, як наприклад, [3,6] показує, що в роботах відсутній алгоритм генерації конструктивних рішень нових робочих органів, присутній тільки аналіз відомих, або запропонованих автором технічних рішень.

**До невирішених проблем** слід віднести відсутність аналітики обґрунтованого профілю ріжучого периметра робочого органу і механізму його адаптації до конкретних ґрунтових умов.

**Мета статті:** Обґрунтування конструктивних параметрів наральника глибокорозпушувача на основі аналізу будови тіла біологічного аналогу

**Основний матеріал досліджень:** В попередніх дослідженнях [5,10], нами запропоновані розрахункові схеми стрільчастої лапи і глибокорозпушувача, які були отримані на основі залучень методів біоніки. Параметри стрільчастої лапи аргументовані на мілкій (до 15 см) обробіток ґрунту, глибокорозпушувач на глибини, більші за 30 см. В даній роботі нами пропонується робочий орган на неохоплений діапазон 15 – 30 см Відміна умов роботи в окресленому діапазоні від більших глибин полягає в наявності кореневої системи рослин, особливо це стосується роботи по агрофону стерні грубостеблових культур. Таким чином ріжучий периметр знаряддя повинен забезпечувати різання з ковзанням, а робоча поверхня підвищену обтічність. Обом умовам задовольняє тіло чорноморського скату-хвостокосу, який нами прийнятий в якості біологічного аналогу (рис.2) Червоним виділена ділянка, яка

нами прийнята як елемент ідентифікації з розпушувачем. В якості базового розміру приймаємо ширину захвату. Співвідношення ширини виділеної ділянки і ширини захвату робочого органа прийняте в якості критерія подібності [9]. На підставі виконаних замірів з урахуванням критерія подібності отримані геометрична (рис.3) і числова (табл.1) моделі ріжучого периметра.

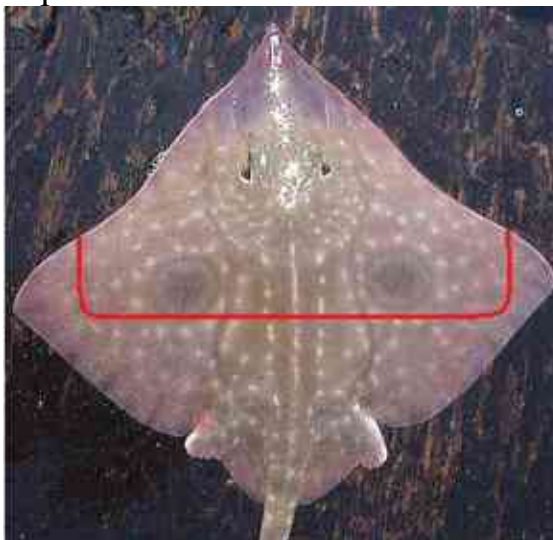


Рис.2. Чорноморський скат-хвостокол

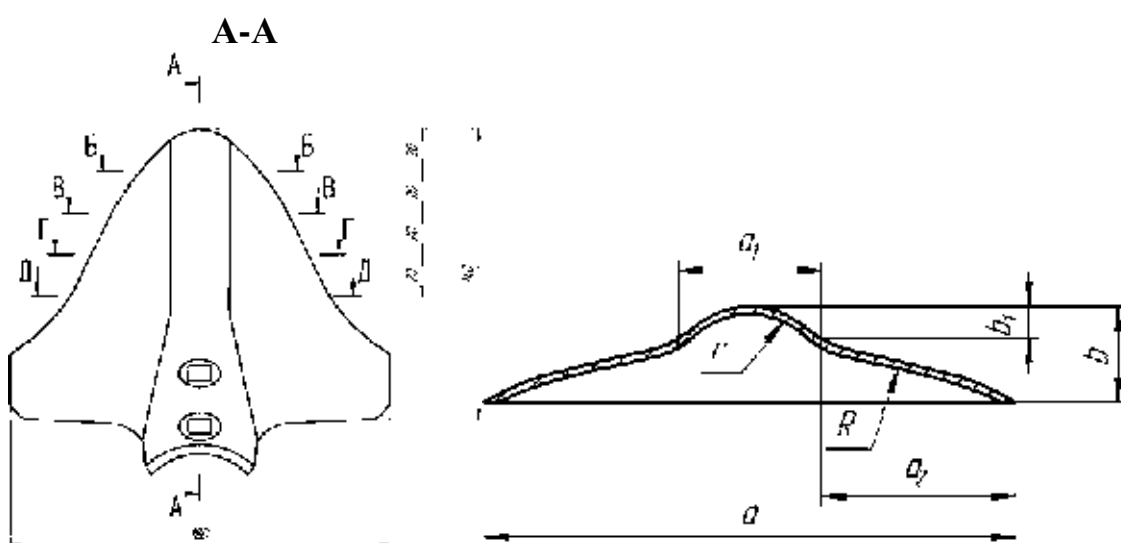


Рис. 3. Геометрична модель біологічного аналогу

Таблиця 1

Розрахункові параметри перетинів, мм

Перетин	a,	a <sub>1</sub> ,	a <sub>2</sub>	b	b <sub>1</sub>	R	r
Б-Б	60	32	21	11	3	55	15
В-В	86	32	31	21	4	55	15
Г-Г	104	32	37	22	5	55	15
Д-Д	124	32	43	22	6	55	15

В результаті математичної обробки [1] числової моделі отримане наступне рівняння регресії, яке описує профіль ріжучого периметра

$$Y=1,196 \cdot x^{0,928} \quad (1)$$

Рівняння носить статечний характер з коефіцієнтом кореляції  $K_K = 0,9539$

Лезо повинно забезпечити різання з ковзанням. Проаналізуємо залежність коефіцієнту ковзання від положення точки на профілі леза.

Для довільно взятої точки на профілі леза режим різання визначається кутом  $\beta$  між напрямком руху ділянки леза і нормаллю до його профілю [2]

Варіанти режимів різання:

$\beta = 0$  – рубляче різання

$\beta \leq \varphi$  – різання з повздовжнім переміщенням

$\beta \geq \varphi$  – різання з ковзанням

Рівняння нормалі до кривої в загальному виді [2]

$$y - f(x_0) = -\frac{1}{f'(x_0)} (x - x_0)$$

Після математичних перетворень стосовно отриманого нами рівняння (1), залежність прийме вид

$$Y - Y_m = \frac{-(X - X_m)}{1,196 \cdot 0,928 \cdot X_m^{-0,02}} \quad (2)$$

де  $X_m$ ;  $Y_m$  – координати довільно взятої точки на кривій

Виконані за допомогою розрахунки показують, що кут нахилу нормалі до осі  $X$  знаходиться в діапазоні  $52^0 \leq \beta \leq 55^0$ , що гарантовано більше кута тертя ґрунту по сталі. Таким чином, для більшості ґрунтів умова різання з ковзанням виконується.

Важливим показником, що характеризує ріжучу спроможність леза є коефіцієнт ковзання, який в нашому випадку можна одержати за залежністю [2]

$$i = \frac{\sin(\beta - \varphi)}{\cos \beta} \quad (3)$$

Максимальне значення коефіцієнта тертя ковзання ґрунту по сталі, яке отримане в умовах базового господарства  $\varphi = 46-48$  градусів. Таким чином:

для носової частини стрільчастої лапи  $i = 0,104 - 0,150$

для хвостової частини стрільчастої лапи  $i = 0,183 - 0,224$

Таким чином, нами доведено, що лезо буде виконувати режим різання з проковзуванням, тобто режим буде раціональним. Але, основна перевага повинна бути у зниженні тягового опору. Порівняємо розра-

хунковий тяговий опір наральника з прямолінійним і «біонічним» профілем леза. Для отримання зпівставимих результатів, розрахунки виконуємо за єдиною методикою. При всіх рівних умовах, різниця буде полягати в силі підрізання шару ґрунту. Вважаємо, що сили тертя і тиску на робочу поверхню в обох випадках будуть однаковими.

Підрізання шару ґрунту буде відбуватись за умови що нормальний тиск леза утворює силу зминання, яка перевищує межу його міцності на зминання..

«Біонічне» лезо не є прямолінійним і до того ж має змінну кривизну. Для розв'язання цієї проблеми переходимо до нескінченно малих ділянок на ріжучому периметрі. На осі X в межах довжини лапи  $a$  обираємо довільну точку  $x_i$  і знаходимо відповідну точку на профілі леза  $Y_{(x)}$ . Абсцисі  $x_i$  даємо нескінченно малий приріст  $\Delta$ . Відповідні значення  $Y_{(x)}$  і  $Y_{(x+\Delta)}$  обмежують на ріжучому периметрі нескінченно малу ділянку, довжина якої становить

$$L = \int_x^{x+\Delta} \sqrt{1 + (y')^2} \cdot dx \quad (4)$$

Нормальна складова реакції цієї ділянки

$$N = K' \cdot L \cdot \delta, \quad (5)$$

де  $L$  – довжина леза,  $\delta$  – товщина ріжучої кромки,  $K'$  - межа несучої спроможності ґрунту.

$$N_{\Sigma} = \sum_{x=0}^{x=a} \int_x^{x+\Delta} \sqrt{1 + (y')^2} \cdot dx \quad (6)$$

Проекція нормальної реакції на напрямок руху

$$W_{\text{л}} = N_{\Sigma} \cdot \cos\beta \quad (7)$$

Рівняння прямолінійного леза отримуємо шляхом лінійної інтерполяції даних табл. 1

$$Y = 0,674 \cdot x + 9,594 \quad (8)$$

Методика розрахунку реакції різання аналогічна викладеній вище.

За результатами аналітичних досліджень був виготовлений дослідний зразок культиватора (рис.5) і проведені виробничі випробування.



**Рис. 5. дослідний зразок культиватора, оснащеного експериментальними стрільчастими лапами**

За результатами випробувань отримано значення тягового опору  $P_T = 0,374 - 378$  кН, у робочого органа стандартної конструкції відповідно  $0,41 - 0,43$  кН

### **Висновки та пропозиції**

Аналітичними дослідженнями підтверджені основні прогнозовані позитивні якості робочого органу, побудованого на основі аналізу будови тіла біологічного аналогу. Розрахункові значення тягового опору в середньому на 10 – 12 % менші за робочий орган стандартної конструкції. Запропонована методика може бути поширена на ґрунтообробні робочі органи іншого призначення і конструктивного виконання.

Раціональні параметри конструкції: ширина захвату 180 мм при конструктивній довжині 140 мм. При цьому профіль леза повинен підпорядковуватись залежності  $y = 1,196 \cdot X^{0,928}$  де вісь X співпадає з віссю симетрії знаряддя.

Наступним етапом досліджень має бути розробка математичної моделі взаємодії з ґрунтовим середовищем, що дозволить виконати більш детальну адаптацію профілю леза до роботи в конкретних ґрунтових умовах.



**Список використаних джерел**

1. Гаврильченко О.С. Обґрунтування параметрів та розробка конструкції культиваторних лап з криволінійним лезом: дис., канд. техн. наук : спец.05.05.11. Глеваха, 2005. 160 с.
2. Кленин Н. И. Сакун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Колос, 1980. 671 с.
3. Корниенко С.И., Пащенко В.Ф., Мельник В.И., Огурцов Е.Н. Обоснование параметров чизельных рабочих органов URL: код доступу:[http://dSPACE.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/340/1/2\\_2014-75-80.pdf](http://dSPACE.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/340/1/2_2014-75-80.pdf)
4. Панченко А. Н. Теория измельчения почв почво-обработывающими орудиями. Днепропетровск: ДГАУ, 1999. 140 с.
5. Михайлов Є.В. Обґрунтування конструктивної схеми стрільчастої лапи на основі біологічного прототипу/ Є.В.Михайлов , Б.А.Волік, Г.В.Теслюк, А.В.Конової// Праці ТДАТУ. Мелітополь – 2019. – Вип. 19, т.3. – С.37-46 (DOI :10.31388/2078-0877-19-3-37-45)
6. Сало В. Чизельний плуг – технічне забезпечення процесів глибокого розпушення ґрунту. Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу: Код доступу <http://propozitsiya.com/ua/chyzelnyy-plug-tehnichne-zabezpechennya-procesiv-glybokogo-rozpushuvannya-gruntu>
7. Н.В. Tesliuk В.А. Volik, S.P. Sokol, N.A. Ponomarenko Design of working Цилорик О. Глибокий обробіток ґрунту / електронний ресурс : код доступу <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/10599-hlyboky-obrobitok-gruntu-pliusy-ta-minusy.html>
8. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс): учебник для строит. вузов / Н. А. Цытович. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1983. – 288 с.
9. Штерензон В. А. Моделирование технологических процессов: конспект лекций / В. А. Штерензон. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, URL: <http://www.rsvpu.ru/filedirectory/3468/shterenzon.pdf>bodies for tillage tools using the methods of bionics.: Journal of Enterprise Technologies 2019 3/1 (99) p. 49-54/ DOI: 10.15587/1729-4061.2019.169156

УДК 631.514

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВАРІАНТУ БОРОНИ З ГВИНТОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Пастушенко С.І., д.т.н

Клендій М.Б., к.т.н.

Клендій М.І.

*Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»*

**Постановка проблеми.** Ґрунтообробні робочі органи сільськогосподарських машин створюють необхідні умови для інтенсивного росту і розвитку рослини: у зв'язку з обробіткою ґрунту полегшується доступ кисню і вологи у ґрунт, коренева система швидше розвивається і тим самим рослиною інтенсивно засвоюються макро- та мікроелементи з ґрунту, що веде до швидшого розвитку рослини і, як результат, потенціал біологічного врожаю зростає. Похідними від підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки є врожайність (забезпечення потреб рослин в цілому) і собівартість продукції (витрати паливно-мастильних матеріалів, продуктивність, затрати робочого часу).

Актуальним постає питання зменшення собівартості виконання технологічних операцій при збереженні продуктивності роботи сільськогосподарської техніки та якості їх виконання. Тому актуальним є створення нових сільськогосподарських машин, їх робочих органів та проведення відповідних досліджень і розроблення рекомендацій для ефективного вирощування продукції рослинництва.

**Аналіз останніх досліджень.** Для обертання і кришіння ґрунту, перерізання пожнивних решток, перемішування їх із ґрунтом використовуються сферичні ґрунтообробні диски [1–3]. Від відстані між дисками, їх конструктивних параметрів і кутів установки залежить форма профілю обробленої смуги ґрунту та висота гребенів. Диск встановлюють так, щоб між площиною розташування леза (крайки диска) і напрямком руху агрегату був певний кут атаки. Для покращення перемішування диск відхиляють ще й у вертикальній площині, тому кожен диск має індивідуальне кріплення осі обертання до рами. Якщо застосувати гвинтову поверхню, то можна очікувати аналогічні результати роботи, але її можна кріпити на спільному валу, подібно до батареї дисків лущильника.

Для поверхневого обробітку ґрунту широко застосовують дискові робочі органи. Проектування і розрахунок дискових ґрунтообробних

знарядь ґрунтово розкрив П.М. Заїка [4]. Також розроблено аналітичну модель установки ґрунтообробних сферичних дисків для визначення геометричних та технологічних характеристик [5]. У працях більш вузького спрямування досліджуються різні аспекти покращення якості обробітку ґрунту такими знаряддями [6,7]. Визначено науковцями і перспективи подальшого вдосконалення дискових та інших ґрунтообробних знарядь [8]. В працях [9,10] теоретично обґрунтовано конструкцію ґрунтообробного знаряддя, в якому, в якості робочих органів використано гвинтові поверхні із відсіку розгортного гелікоїда.

Намагання зменшити тяговий і питомий опір сільськогосподарських машин вимагає постійного дослідження більш досконалих, з точки зору енергоємності, робочих органів і технологій проведення польових робіт.

**Основні матеріали дослідження.** На основі теоретично одержаних конструктивних параметрів витків гелікоїда, було розроблено конструкцію і виготовлено гвинтові робочі органи борони, конструкцію яких показано на рис. 1, а також експериментальний варіант борони з гвинтовими робочими органами (рис. 2) [9, 10]. В таблиці 1 представлено технічну характеристику борони з гвинтовими робочими органами.



**Рис. 1.** Загальний вигляд гвинтового робочого органу



**Рис. 2.** Загальний вигляд експериментального взірця борони з гвинтовими робочими органами

Тяговий опір є величиною, яка постійно змінюється в процесі роботи. Усі фактори, які впливають на тяговий опір машини, можна класифікувати наступним чином: природно-кліматичні (тип і стан ґрунту, рельєф, кам'янистість, метеорологічні умови); конструкційні (тип, форма та кількість робочих органів, матеріал, з якого вони виготовлені та технології виготовлення, вага машини, тип і конструкція ходового агрегату, тощо); експлуатаційні (технічний стан машини, правильність регулювань, ступінь зношення робочих органів, тощо).

*Таблиця 1*

### Технічна характеристика борони з гвинтовими робочими органами

Параметр	Значення
Конструктивна ширина захвату, м	1,3
Необхідна потужність трактора, к.с.	від 40
Агрегатування з трактором	начіпне
Маса, кг	172
Кількість витків гелікоїда, шт	10
Зовнішній діаметр гелікоїда, мм	562-570
Глибина обробітку, см	3 - 12
Робоча швидкість, км/год	7...17
Габаритні розміри в транспортному положенні (L x B x H).	2090 x 1430 x 1250

Визначення тягового опору, запропонованої борони з гвинтовими робочими органами, проводилось в ґрунтовому каналі розмірами 8,5×30м (довжина контрольного відрізка  $l_k=25$ м), використовуючи перетворювач частоти Altivar 71 та програмне забезпечення Power Suite v.2.5.0. Загальний вигляд експериментальної установки та обладнання для визначення тягового опору запропонованої борони з гвинтовими робочими органами і отримання результатів зображено на рис.3.

Борона з гвинтовими робочими органами 8 приводилась в рух за допомогою троса 6, який в процесі переміщення намотувався на барабан 5, що закріплений на тихохідному валу редуктора 4, який приводиться в рух електродвигуном 3. Для пуску двигуна і регулювання частоти його обертання використовували перетворювач частоти Altivar 71 (1) та програмне забезпечення Power Suite v.2.5.0, що містилося в ПК (2). Електродвигун 3 і редуктор 4 жорстко закріплені на початку ґрунтового каналу для того, щоб бути нерухомими, а рухомою була тільки борона.



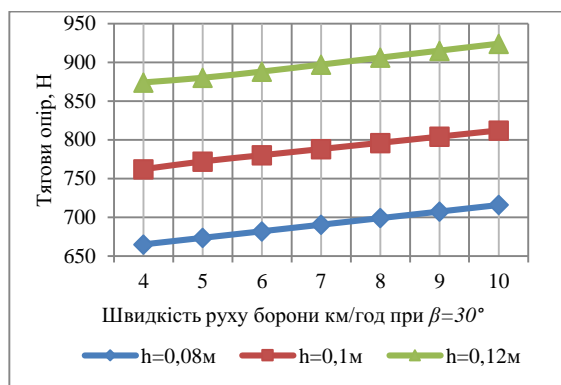
**Рис. 3. Загальний вигляд експериментальної установки та обладнання для визначення тягового опору борони з гвинтовими робочими органами**

Перед проведенням кожного етапу експерименту, борона з гвинтовим робочим органом була розташована в крайньому правому положенні, ґрунт в каналі попередньо готувався за показаннями твердоміру.

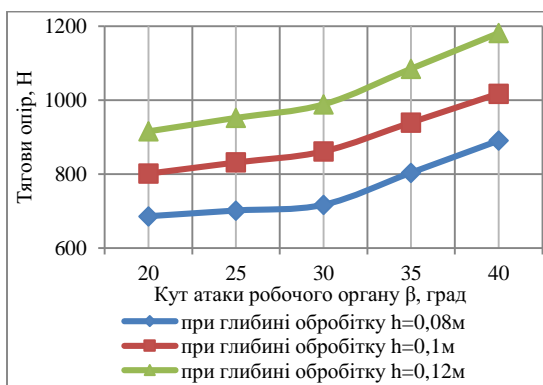
Досліди проводились для чотирьох швидкостей переміщення борони, а саме:  $V = 4,0$ ;  $6,0$ ;  $8,0$  і  $10,0$  км/год. Для зміни швидкості переміщення борони через перетворювач частоти

змінювали частоту напруги, яка подавалась на двигун.

За результатами отриманих досліджень побудовані графічні залежності зміни величини сили тягового опору  $P_x$  від швидкості руху борони  $V$ , при різних величинах кута атаки  $\beta$  робочих гвинтових органів, який рівний сумі кута розміщення батареї гвинтових робочих органів відносно напрямку руху  $\varphi$  і  $\varphi_R$  — кута підйому зовнішньої гвинтової лінії, тобто кута підйому ріжучої крайки та глибини обробітку  $h$ .



**Рис. 4.** Графічні залежності тягового опору  $P_x$  пропонованої борони з гвинтовими робочими органами з кутом атаки  $\beta=30^\circ$  від швидкості руху  $V$



**Рис. 5.** Графічні залежності тягового опору  $P_x$  пропонованої борони з гвинтовими робочими органами для швидкості руху  $V=8\text{км/год}$  від кута атаки  $\beta$

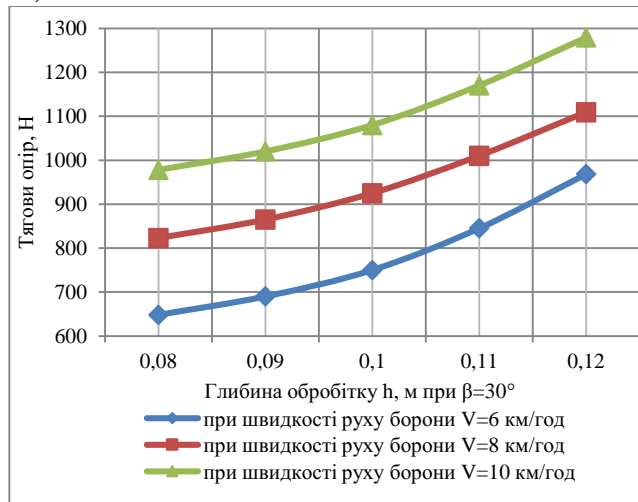
Аналіз графічних залежностей (рис. 4) показує, що при збільшенні швидкості переміщення борони з гвинтовими робочими органами  $V$  від 4 до 10 км/год, тяговий опір  $P_x$  зростає, причому для глибини обробітку ґрунту  $h=0,08\text{м}$ ,  $P_x$  зростає на 7,1 %, для  $h=0,1\text{м}$  - на 6,2 % і для глибини обробітку ґрунту  $h=0,12\text{м}$ ,  $P_x$  зростає на 5,4 %. Також можна відзначити, що збільшення глибини обробітку з  $h=0,08\text{м}$  до  $h=0,12\text{м}$  при швидкості руху борони  $V=4\text{ км/год}$  призводить до збільшення тягового опору на 22,5 %, а при  $V=10\text{ км/год}$  тяговий опір збільшується на 23,9%.

Аналіз графічних залежностей (рис. 5) свідчить, що для пропонованої борони з гвинтовими робочими органами при швидкості руху  $V=8\text{км/год}$  для глибин обробітку  $h=0,08\text{ м}$ ,  $h=0,1\text{ м}$  та  $h=0,12\text{ м}$  тяговий опір в межах кута атаки  $\beta=20^\circ \dots 30^\circ$  зростає повільно, а при подальшому збільшенні кута атаки  $\beta$ , тяговий опір зростає інтенсивніше і при  $\beta=40^\circ$  досягає значень  $P_x=891\text{Н}$  за номінальної глибини обробітку  $h=0,08\text{м}$ ,  $P_x=1018\text{Н}$  за глибини обробітку  $h=0,1\text{м}$  та  $P_x=1182\text{Н}$  за максимальної глибини обробітку  $h=0,12\text{м}$ . Повільна зміна тягового опору в межах  $\beta=20^\circ \dots 30^\circ$  відбувається тому, що за рахунок геометричних особливостей робочої поверхні робочого органу зростання площі контакту поверхні гвинтової спіралі з ґрунтом.

Також можна відзначити, що збільшення глибини обробітку з  $h=0,08\text{м}$  до  $h=0,12\text{м}$ , при куті атаки гвинтових робочих органів  $\beta=20^\circ$ ,



призводить до збільшення тягового опору на 25,1 %, при  $\beta=30^\circ$  тяговий опір збільшується на 27,5%, а при  $\beta=40^\circ$  тяговий опір збільшується на 24,6%.



**Рис. 6.** Графічні залежності тягового опору  $P_x$  пропонованої борони з гвинтовими робочими органами з кутом атаки  $\beta=30^\circ$  від глибини обробітку  $h$

За результатами аналізу залежностей (рис. 6) встановлено, що тяговий опір  $P_x$ , пропонованої борони з гвинтовими робочими органами при швидкостях переміщення борони від  $V=6$  км/год до максимальної  $V=10$  км/год, при встановленому куті атаки робочих органів  $\beta=30^\circ$  зростає криволінійно з  $648H$  до  $968H$  при  $V=6$  км/год, з  $823H$  до  $1109H$  при  $V=8$  км/год; та з  $978H$  до  $1279H$  при швидкості переміщення борони  $V=10$  км/год.

За результатами аналізу графічних залежностей (рис. 4 – 6) очевидно, що динаміка зміни тягового опору, в залежності від зміни кута атаки, глибини обробітку та швидкості руху борони відповідає результатам аналітичних досліджень [12]. Згідно даних рекомендацій для двохслідних польових борін залежно від властивостей ґрунту, глибини обробітку і кута атаки, питомий тяговий опір становить  $k = 1500 \dots 3000$  Н/м. Отже, для стандартної дискової борони шириною обробітку  $B = 1,3$  м значення тягового опору при найбільш сприятливих параметрах становить приблизно 2000 Н. Це значення тягового опору є значно більшим (приблизно в 1,3 рази) за значення тягового опору, які були одержані при експериментальних дослідженнях, пропонованої борони з гвинтовими робочими органами. Таке зниження тягового опору можна пояснити відсутністю тильного кута робочої поверхні у вигляді розгортного гелікоїда, при оптимальних значеннях кута атаки  $\beta=20^\circ - 40^\circ$  та номінальній глибині обробітку  $h=0,12$  м.

**Висновки.** На основі проведених досліджень встановлено, що збільшення глибини обробітку з  $h=0,08$  м до  $h=0,12$  м, призводить до збільшення тягового опору на 22,5 - 23,9%, збільшення швидкості руху борони з  $V=6$  км/год до  $V=10$  км/год, призводить до збільшення тягового опору в середньому на 14,5% і збільшення кута атаки гвинтових робочих органів до  $\beta=20^\circ$ , призводить до збільшення тягового опору на 25,1 %, при  $\beta=30^\circ$  тяговий опір збільшується на 27,5%, а при  $\beta=40^\circ$  тяговий опір збільшується на 24,6%.

**Список використаних джерел**

1. Стрельбицкий В.Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины. Москва: Машиностроение, 1978. 218 с.
2. Циммерман М.З. Рабочие органы почвообрабатывающих машин. Москва: Машиностроение, 1978. 162 с.
3. Нартов П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия. Воронеж: Издательство ВГУ, 1972. 158 с.
4. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. I (ч.1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: Око, 2001. 444 с.
5. Клендій М.Б., Пилипака С.Ф. Аналітична модель установки ґрунтообробних сферичних дисків для визначення геометричних та технологічних характеристик. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. Вип. 241. С. 140–150.
6. Гриненко О., Лебедев С. Дослідження коливань дискових ґрунтообробних знарядь. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 2011. Вип. 15 (29). С. 50–53.
7. Гапоненко О.І. Програмування рівномірності обробітку дисковими робочими органами на пружних стійках. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2012. Вип. 11. С. 135–141.
8. Клендій М.Б., Пилипака С.Ф. Рух частинки по поверхні сферичного ґрунтообробного диска. Науковий вісник НУБіП України: Серія «Техніка та енергетика АПК». 2017. Вип. 258. С. 283–296.
9. Пилипака С.Ф., Клендій М.Б. Робочий орган із відсіку розгорнутої гвинтової поверхні як альтернатива ґрунтообробним дискам. Сучасні проблеми землеробської механіки. Збірник наукових праць XVIII Міжнародної наукової конференції (16-18 жовтня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський). С. 170-174.
10. Патент на корисну модель. № 133362. Борона з гвинтовими робочими органами Україна. МПК (2019.01) A01B 25/00) № а 201702099 Заявл. 6.03.2017 Опубл. 10.03.2019. Бюл. № 7.
11. Serhii Pylypa, Mykola Klendii, Oleksandra Klendii. Particle motion on the surface of a concave soil-tilling disk. ACTA POLYTECHNICA, Journal of Advanced Engineering, is a peer-reviewed Open Access scientific journal published by the Czech Technical University (CTU) in Prague, Volume 28 Issue 3, pg. 63-73, 2018.
12. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та інш. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. К. : Вища освіта. 2005. 464 с.УДК 631.171

УДК 631.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЯ НЕПРЕРЫВНОСТИ РАБОТЫ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ

Китун А.В., д.т.н., профессор,

Бондарев С.Н., аспирант,

Романович А.А., к.т.н., доцент,

Сапожников Ф.Д., к.т.н., доцент

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь.*

**Постановка проблемы.** К современным производственным процессам предъявляются требования по достижению наибольшей непрерывности, безопасности, гибкости и производительности при одновременном обеспечении оптимального управления производством, повышении качества и снижении себестоимости выпускаемой продукции. Эти требования могут быть успешно выполнены при соответствующем совершенствовании производственных процессов в ходе их развития путем все более полной замены труда человека машинным трудом [1].

**Основные материалы исследования.** При поточной организации производственного процесса продукт, полученный в результате работы предыдущей машины, является исходным материалом для последующей. В этом случае операции на всех рабочих местах выполняются в промежутки времени, равные или кратные ритму потока при непрерывном движении обрабатываемого продукта.

**Ритмом  $r$** , или шагом, потока поточной линии называется интервал времени, через который поточная технологическая линия или отдельная машина выпускает единицу готовой продукции, т.е.  $r_{ш} = t_{оп}/H_{оп}$  (здесь  $H_{оп}$  – наработка за установленное операционное время  $t_{оп}$ ).

**Тактом**, или темпом потока, называется величина, обратная ритму. Такт характеризует интенсивность работы ПТЛ, показывая, сколько единиц готовой продукции линия выпускает за установленную единицу времени.

При *непрерывном потоке* величина такта и ритма единая для всех операций процесса, при *прерывном* такт и ритм различны для отдельных звеньев, поэтому для каждого звена процесса необходимо произвести самостоятельный их расчет. Размер такта и ритма, установленный для звена, тождествен для всех операций, входящих в него.

При оценке работы машин и технологического оборудования *производительность* рассматривается в качестве основного технико-экономического показателя, позволяющего судить об эффективности использования технических средств в данном технологическом процессе.

Производительность машин в процессе эксплуатации не остается постоянной величиной. Она зависит от организации производства, качества исходного сырья, освоения техники, условий ее эксплуатации и ряда других факторов. В связи с этим в расчетах различают следующие *виды производительности*.

*Теоретическая производительность*  $Q_t$ . Представляет собой расчетное или плановое количество продукции, получаемой за единицу времени. Для машин, обеспечивающих технологические процессы, не связанные с непосредственными воздействиями на животных, теоретическую производительность определяют с помощью конструктивных параметров и установленного кинематического режима, поэтому ее иногда называют *расчетной*, или *номинальной*.

Для машин, непосредственно контактирующих с животными, теоретическая производительность часто не поддается строгому аналитическому расчету. В этих случаях за основу принимают производственную программу и плановую продуктивность животных, установленные с учетом ранее достигнутых производственных показателей (надоя молока).

*Технологическая производительность*  $Q_{\text{тех}}$  обусловлена количеством продукции, получаемой за единицу времени, т.е. за час чистой работы машины. При этом не учитываются затраты времени на остановки и холостой ход.

Технологическая производительность за час чистой работы *является действительной*, а не расчетной, так как ее определяют экспериментально по результатам государственных испытаний на МИС и обычно указывают в технических характеристиках машин.

*Цикловая производительность*  $Q_{\text{ц}}$  машины характеризуется количеством продукции, полученной за единицу времени цикла.

*Техническую производительность*  $Q_{\text{тех}}$  находят с учетом затрат времени на остановки. Обусловленные необходимостью проведения технического обслуживания и подготовительно-заключительных операций при исправном, работоспособном состоянии машины.

*Операционную производительность*  $Q_{\text{оп}}$  определяют с учетом всех потерь времени: на подготовительно-заключительные операции, техническое обслуживание и простои по организационно-техническим и другим причинам. Ее часто называют *фактической*  $Q_{\text{ф}}$  или *эксплуатационной*  $Q_{\text{э}}$  [2].

Производительность поточной линии можно представить в виде, удовлетворяющем условию потока:

$$Q_{np} = \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij} n_{ij} \leq \sum_{j=1}^{n_{i+1}} q_{(i+1),j} n_{(i+1),j}, \quad (1)$$

или в приведенном виде для расчета каждого звена потока получаем:

$$Q_{\text{пр}} = K_M q \eta, \quad (2)$$

где  $\kappa_m$  – число машин, шт;  $q$  – производительность машин, т/час;  $\eta$  – коэффициент использования рабочего времени машины.

Ритм поточной линии определяем из отношения:

$$r = \frac{1}{Q_{\text{пр}}} \quad (3)$$

Зная производительность поточной линии и машин звена потока, определяем потребность в них:

$$\kappa_m = \frac{Q_{\text{пр}}}{q\eta} \quad (4)$$

Для вновь проектируемых поточных линий производительность машин находим из уравнения:

$$q = \frac{Q_{\text{пр}}}{\kappa_m \eta} \quad (5)$$

Так как производительность машин в звеньях потока не всегда удается уравнять, то следует придерживаться ее кратности производительности основного базового звена.

На выгоднейшее использование производительности машин в звене потока получаем в том случае, когда *коэффициент потока* равен 1:

$$K_n = \frac{Q_{\text{пр}}}{\kappa_{ij} q_{ij} \eta_{ij}} \approx 1 \quad (6)$$

Используются так же показатели, характеризующие надежность машин и технологического процесса – *коэффициенты готовности и технического использования машин и оборудования*.

Вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование объекта по назначению не предусматривается, называется *коэффициентом готовности*:

$$K_r = \frac{t}{t + t_B} \quad (7)$$

где  $t$  – наработка на отказ, час;  $t_B$  – среднее время вынужденных простоев на ремонт отказов, час.

Так как коэффициент готовности является величиной случайной, зависящей от фактического времени работы производственных звеньев, то для определения, можно воспользоваться понятием геометрической вероятности. Интегральный закон распределения этой случайной величины можно определить из выражения:



$$F(K_{ij}) = P(K_r \leq K_{ij}) = \begin{cases} 0, T_\phi < 0 \\ \frac{T_\phi^2}{T_p^2}, 0 \leq T_\phi < T_p \\ 0, T_\phi > T_p \end{cases} \quad (8)$$

где  $P$  - вероятность разрыва технологического цикла;  $K_r$  - коэффициент готовности совокупности машин технологического цикла;  $K_{ij}$  - коэффициент готовности машин производственного звена;  $T_\phi$  - фактическое время работы совокупности машин технологического цикла;  $T_p$  - расчетное время работы совокупности машин технологического цикла.

Плотность распределения коэффициента готовности:

$$f(K_r) = \begin{cases} 0, T_\phi < 0 \\ \frac{2T_\phi}{T_p^2}, 0 \leq T_\phi < T_p \\ 0, T_\phi > T_p \end{cases} \quad (9)$$

Тогда вероятность разрыва технологического процесса можно определить по формуле:

$$P_{T.ц.} = 1 - \left\{ C_{kj}^{K_{jp}} (K_r \leq K_{ij})^{K_j} [1 - P(K_r \leq K_{ij})]^{K_j - K_j} \right\}, \quad (10)$$

где  $C_{kj}$  - стоимость простоя машин;  $k_j$  - число машин, каждого производственного звена;  $K_{ij}$  - минимальное допустимое число машин в производственном звене, обеспечивающее непрерывность технологического цикла.

Анализ формулы (10) показывает, что вероятность разрыва технологического процесса кормления животных зависит от числа машин в каждом производственном звене и коэффициента их готовности.

Тогда производительность производственного потока, обеспечивающего непрерывность процесса кормления животных, определим по формуле

$$Q = \frac{q}{T_p \cdot d \cdot 1 - \left\{ c_{kj}^{K_{jp}} (K_r \leq K_{ij})^{K_j} [1 - p(K_r < K_{ij})]^{K_j - K_j} \right\}}. \quad (11)$$

Отношение математического ожидания времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме математического ожидания времени пребывания объекта в работоспособном состоянии, времени простоев, обусловленных техниче-

ским обслуживанием, и времени ремонтов за тот же период эксплуатации есть коэффициент технического использования. Он определяется для отдельной машины по формуле

$$\eta_{\Gamma} = \frac{\Sigma t_z}{\Sigma t_z + t_p + t_{об}}, \quad (12)$$

где  $\Sigma t_z$  – суммарная наработка рассматриваемого промежутка времени, час;  $t_p, t_{об}$  – соответственно время на устранение простоев, связанных с ремонтом и техобслуживанием, час.

Коэффициент технического использования всего комплекта оборудования может быть определен через коэффициенты технического использования каждой машины, входящей в комплект. Определить время простоев каждой машины комплекта оборудования на стадии его проектирования затруднительно. Решать эту задачу целесообразнее методами теории вероятностей. Для такого решения необходимо иметь большой набор статистических данных о частоте простоев, законе их распределения [3].

Формула (12) с учетом средних простоев примет вид:

$$\eta_{\Gamma.и} = \frac{\Sigma t_z}{\Sigma t_z + K_M (t_{ср.пр} + t_{ср.об})}, \quad (13)$$

где  $t_{ср.пр}, t_{ср.об}$  – соответственно, среднее время на устранение простоев по техническим причинам и техобслуживанию машин, входящих в комплект оборудования, час;  $K_M$  – количество машин в комплекте, шт.

Поскольку в комплекте оборудования для механизации технологических процессов в потоке будут, в основном, применяться смешанные связи между машинами и линиями, коэффициент технического использования будет несколько выше. В этом случае комплект оборудования будет простаивать только тогда, когда выйдут из строя машины, соединенные жесткой связью. Это машины линии смешивания, раздачи кормов и те, которые жестко соединены с линией смешивания.

Коэффициент технического использования комплекта оборудования со смешанными связями примет вид:

$$\eta_{\Gamma.и} = \frac{\Sigma t_z}{\Sigma t_z + K_{М.ж} t_{ср.пр} + K_M t_{ср.об}}, \quad (14)$$

где  $K_{М.ж}$  – количество машин с жесткой связью, шт.

Учитывая вышесказанное, фактическую производительность любого комплекта оборудования на стадии проектирования можно определить:

$$Q = \frac{B_{\phi}}{t} \cdot \eta_{\Gamma.и}, \quad (15)$$

где  $V_{\phi}$  – продукция, полученная за смену, кг;  $t$  – сменное время, час.

Принимая это во внимание, *условие непрерывности* поточной линии можно записать так:

$$\frac{V_{\phi i}}{\sum_{j=1}^{K_i} q_{ij} \eta_{ij}} \geq \frac{V_{\phi(i+1)}}{\sum_{j=1}^{K_{i+1}} q(i+1) j \eta(i+1) j}, (i = 1, 2, 3), \quad (16)$$

Из формулы видно, что время пребывания продукта, тормозящего процесс внутри машины каждого последующего звена, должно быть меньше или равно времени предыдущего звена потока. Для оценки технологических линий необходимо знать фактическую производительность. Особенно важно знать фактическую производительность при концентрации отрасли, что объясняется большими ущербами в случае отказов оборудования, сложностью его эксплуатации и т.п.

**Результаты исследований и выводы.** Анализ трудового процесса позволяет определить наиболее рациональное его построение. Анализируя характер выполнения движений следует найти наиболее оптимальное движение с точки зрения затрат времени и усилий, приложенных к их выполнению. В результате такого анализа может возникнуть необходимость исключения отдельных трудовых приемов и движений из трудового процесса, внести изменения в отдельные движения, сократить траекторию.

#### ***Список использованной литературы***

1. Китун А. В., Передня В. И., Романюк Н. Н. Машины и оборудование в животноводстве: уч. пособие. Минск, ИВЦ Минфина 2016, 382 с., с. 224–225.
2. Передня В. И., Шаршунов В. А., Китун А. В. Технологии и оборудование для доения коров и первичной обработки молока: пособие. Минск, Минсанта, 2016. С. 271–272
3. Китун А. В., Передня В. И., Романюк Н. Н. Машины и оборудование в животноводстве: учебник. Минск: БГАТУ, 2019. 504 с.

УДК 637.11:636.

## THE USE OF CHITOSAN SUCCINATE TO INCREASE THE MILK PRODUCTION OF COWS

Boltianska N.<sup>1</sup>, к.т.н.,

Zabolotko O.<sup>2</sup>, к.т.н.,

<sup>1</sup>*Dmytro Motorny Tavria state agrotechnological university, Melitopol, Ukraine*

<sup>2</sup>*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine*

Increasing milk production, facing dairy workers is an important task, especially in areas with developed industry and a large percentage of the urban population [1].

The solution to this problem can be the use of biologically active substances in the feeding of dairy cows that stimulate metabolism in the body and simultaneously have a preventive effect [2]. One of these products is chitosan and preparations based on it. Studies of the use of chitosan in animal husbandry and poultry farming have been carried out. The study of the use of such drugs for dairy cows is relevant and of practical importance. Therefore, we set the task of studying the use of chitosan succinate with different molecular weights for black-and-white cows. Three groups of animals were selected by the method of balanced groups, taking into account age, productivity for the previous lactation, breed characteristics, live weight, etc., 15 heads each. During the study period, the animals were kept in the same conditions of feeding and keeping in accordance with zoohygienic requirements [3-6].

The first group of cows served as a control. The animals of the second group were treated with high molecular weight chitosan with a molecular weight of 487,0 kDa and a degree of deacetylation of 75,3%. The cows of the third group received low molecular weight chitosan succinate with a molecular weight of 38 kDa and a degree of substitution of 85%. The drugs were administered orally, together with concentrates, in the form of a 2% solution of 2,0 ml per 1 kg of live weight 2 times a day for seven days.

After 5 days, the administration was repeated. Milk productivity was assessed by control milking. Qualitative indicators of milk productivity by conventional methods.

Milk productivity of cows is the main selection characteristic in the selection of cows [7-9]. As a result of our studies on the use of chitosan succinate with different molecular weights for dairy cows, it was found that cows that received the supplement increased milk productivity with a simultaneous improvement in the quality indicators of milk (table 1).

Table 1.

**Milk productivity of cows, kg** $X \pm S_x, n=15$ 

Index	Group		
	Control	Experienced I	Experienced II
Milk in 305 days of lactation	4583±138,7	5232±216,31	5633±123,20
MJ, %	3,78±0,02	3,83±0,03	3,93±0,03
MDB, %	3,21±0,002	3,34±0,003	3,31±0,004
The amount of milk fat	173±1,18	201±2,52	221±2,33
The amount of milk protein	147±1,14	175±1,43	186±1,86
Number of milk days	302±1,8	304±1,3	303±1,2
Milk during the re-search period	1027±53,83	1183±66,11	1258±49,18
Average daily milk yield	15,1±0,23	17,3±0,33	18,6±0,21

These tables allow us to conclude that the use of chitosan succinate increases the productivity of cows by 655 kg and 1050 kg, or by 14.3% and 22.9%. The difference is significant in favor of the experimental groups with  $P \leq 0.05$  and  $P^{**}0.01$ . It should be noted that a significant difference at  $P^{**}0.05$  was also obtained between the experimental groups in favor of the second group (low molecular weight chitosan succinate). This is confirmed by the achieved indicators of the average daily milk yield and milk yield during the experiment. Average daily milk yield in the experimental groups was higher by 2,2 kg and 3,5 kg, or by 14,6% and 23,2%, than in the control group ( $P^{**}0,01$ ). A significant difference was also obtained between the experimental groups ( $P^{**}0,05$ ). She was 1,3 kg, or 7,5% in favor of the second experimental group. The same trend is observed when assessing milk yield over the period of experience. In the experimental groups, more milk was received from the cows during the experiment period than in the control group by 186 kg (first experimental) and 221 kg (second experimental), or by 18,1% and 21,5%.

The difference between the experimental groups was small and amounted to 75 kg, or 6,3% in favor of the second experimental group. The use of chitosan succinate had a positive effect on the quality composition of milk. In the milk of cows of the experimental groups, the mass fraction of fat and protein increased. The difference is significant in favor of the experimental groups ( $P^{**}0,05$ ;  $P^{**}0,01$ ). The fat content in the milk of cows from the experimental groups increased by 0,05% and 0,15%, respectively, in the groups. The protein content was higher by 0,13% and 0,10%.

It should be noted that the mass fraction of fat increases more in the second experimental group, and protein in the first experimental group. From our point of view, the use of chitosan preparations has a positive effect on increasing milk productivity and improving milk quality, which, having ad-



sorbing and ion-exchange properties, improve metabolism in the body, including rumen and intestinal digestion. This led to an increase in milk yield and an improvement in the quality indicators of milk.

An increase in the mass fraction of fat and protein has led to an increase in the production of milk fat and protein, which are more isolated from the milk of cows in the experimental groups due to their high productivity. More milk fat and protein were released from the cows of the experimental groups with milk than the animals of the control group by 18 and 38 kg and 28 and 39 kg, respectively. The difference is significant at  $P 0,01 - P^{**}0,001$  in favor of the experimental groups. A significant difference in the amount of milk fat and protein was also established between the experimental groups. With the milk of cows of the second experimental group, more milk fat and protein were released by 20 kg and 11 kg, respectively, or by 9,95% and by 6,3%.

### **References**

1. Skliar A., Boltyanskyi B. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249–258.

2. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production». 2019. Uman. 18–20.

3. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. *Coll. scientific-works of Intern. Research Practice Conf. «Topical issues of development of agrarian science in Ukraine»*. Nizhin, 2019. Pp. 84–91.

4. Sklar O. G. *Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook*. Kyiv: Condor Publishing House. 2018. 380 p.

5. Sklar O. *Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual*. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.

6. Boltyanskaya N. I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. *Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko*. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81–89.

7. Boltyanskaya N. I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. *Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University*. Electronic scientific specialized edition. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55–64.

8. Boltyansky B., Boltyansky O. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.

9. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. *Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ*, 2020. С. 519-522.

УДК 631.22.019

## СПОСОБЫ ЛОКАЛЬНОГО ОБОГРЕВА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В СВИНАРНИКАХ-МАТОЧНИКАХ

Кузьмина Т.Н.<sup>1</sup>, ст. науч. сотр.

Кузьмин В.Н.<sup>1</sup>, д-р эк. наук

<sup>1</sup>ФГБНУ «Росинформагротех», р.п. Правдинский

*Постановка проблемы.* При промышленном производстве свинины поддержание на должном уровне зоогигиенических условий содержания животных приобретает особое значение. Предъявляются повышенные требования к биологическим особенностям и уровню продуктивности свиней. Из большого числа показателей микроклимата самую большую сложность представляет поддержание заданных параметров температурного режима для свиней различных половозрастных групп, содержащихся в одном помещении [1]. В связи с этим важно оборудовать в станках свинарника-маточника локальные участки для поросят с требуемым температурным режимом. Организация локального обогрева поросят создает также условия для естественного отделения их от свиноматки практически сразу же после опороса, что позволяет почти полностью исключить отход молодняка в первые дни жизни в результате его задавливания.

*Основные методы исследований.* Методологическую основу исследования составили труды отечественных ученых по данной проблеме. В процессе исследования использовались общие методы исследования – анализ и синтез. Информационную базу исследования составили информационно-аналитические материалы отраслевых отечественных и зарубежных научно-исследовательских институтов и компаний-производителей оборудования.

*Результаты исследований.* В построенных еще в 80-е годы прошлого века и существующих ныне свинарниках-маточниках системы обогрева состоят из двух подсистем – общего и локального обогрева. Подсистема общего обогрева создает фоновую температуру воздуха в помещении свинарника, ориентированную на взрослых животных. Локальная подсистема состоит из инфракрасных (ИК), контактных (кондуктивных) и комбинированных нагревательных установок, расположенных в технологических станках. Эта подсистема доводит тепловой режим в месте нахождения поросят до уровня, соответствующего их возрасту согласно требованиям технологии.

В настоящее время для создания локального микроклимата поросят в подсосный период разработаны различные способы обогрева: инфракрасный (кварцевые галогеновые, керамические инфракрасные излучатели), кондуктивный (тёплые полы, обогреваемые электрические и

водяные коврики) и комбинированный. Каждый из них имеет присущие ему характерные достоинства и недостатки, определяющие целесообразность применения каждого конкретного способа (табл. 1).

Таблица 1

**Характеристики способов локального обогрева [2]**

Основные достоинства	Основные недостатки	Типы применяемого обогревательного оборудования	Общие рекомендации
<i>Инфракрасный</i>			
Простота конструкции обогревателей, низкая энерго- и материалоемкость. Простота автоматизации режимов работы оборудования. Дополнительный биологический эффект от ИК-облучения.	Раздражающее действие яркого светового потока при использовании ламповых облучателей. Возможное временное переохлаждение нижней поверхности тела животных при контакте с холодным полом. Сравнительно низкий срок службы излучателей. Необходимость применения подстилки.	«Светлые» и «темные» ИК-облучатели и установки, низкотемпературные излучатели панельного типа с развитой излучающей поверхностью.	Основной и наиболее распространенный способ обогрева. Возможно применение в любых электрифицированных помещениях.
<i>Контактный</i>			
Высокая технологическая эффективность. Низкая энергоемкость (по сравнению с ИК-обогревом расход энергии на локальный обогрев можно снизить вдвое). Возможность использования внепиковой электроэнергии. Большой срок службы обогревателей. Возможность отказа от подстилки.	Возможное переохлаждение верхней поверхности тела животного при взаимодействии с холодным воздухом. Высокие капитальные затраты. Необходимость использования в ряде случаев понижающих трансформаторов. Повышенные требования к электробезопасности.	Обогреваемые полы, участки и полосы пола, панели, ковры, маты, грелки для обогрева и обсушки, гнездовые ящики-маточники и др.	Использование напольных обогревателей возможно в любых помещениях. Применение обогреваемых полов и участков пола наиболее целесообразно во вновь строящихся и реконструируемых зданиях.
<i>Комбинированный</i>			

Наиболее эффективное тепловое воздействие на организм животных. Все основные преимущества ИК- и контактного обогрева. Возможность значительного снижения общего теплового фона вплоть до отказа от подогрева приточного воздуха.	Высокие капитальные затраты. Повышенные требования к качеству эксплуатации и электробезопасности. Необходимость использования в некоторых случаях понижающих трансформаторов.	Одновременно используемые средства ИК- и контактного обогрева. Специальные комбинированные установки, комплекты и устройства.	Высокоэффективный способ обогрева любых электрифицированных помещений.
--	---	---	--

В Белорусской ГСХА были проведены опыты, в которых с целью локализации тепла в небольшом пространстве использовались конусоцилиндрические брудеры совместно с инфракрасными лампами, лампами накаливания различной мощности и обогреваемым полом [3]. Обогрев поросят-сосунов 1-й контрольной группы осуществляли лампами ИКЗК-220-250, а 4-й опытной – с помощью электрообогреваемого участка пола, как и предусмотрено технологией комплекса. Для местного обогрева молодняка до 21-суточного возраста во 2-й и 3-й опытных группах использовали лампы накаливания мощностью 100 Вт, в 5-й и 6-й – электрообогреваемый участок пола. Средством локализации тепла от рождения в течение 50 суток, т. е. до конца опыта, во 2-й и 5-й опытных группах являлись конусоцилиндрические брудеры, а в 3-й и 6-й – брудеры в виде крышки с вертикальными козырьками.

Различные источники локального обогрева и варианты создания теплоизолированными ограждениями ограниченного локального пространства оказали неодинаковое влияние на живую массу подопытных животных (табл. 2).

Исследования показали, что более высокие показатели роста и сохранности, а также более высокая интенсивность обмена веществ у поросят получены при комбинированном использовании ламп накаливания или обогреваемого пола и брудеров в виде крышек с козырьками в течение первых трех недель подсосного периода, а в дальнейшем (до конца опыта) – только брудеров этой конструкции, в сравнении с животными, находящимися в течение подсосного периода под инфракрасными лампами или на обогреваемом полу.

**Влияние способов локального обогрева на живую массу поросят**

Группы	Средняя живая масса одного поросенка, кг					
	Возраст, сут					
	1	7	14	21	35	50
1	1,31±0,06	2,5±0,06	4,0±0,1	5,6±0,1	9,0±0,1	14,4±0,2
2	1,29±0,05	2,6±0,05	4,3±0,1	6,0±0,1	9,6±0,2	15,2±0,2
3	1,28±0,03	2,6±0,07	4,1±0,1	5,8±0,1	9,6±0,1	15,6±0,1
4	1,30±0,03	2,5±0,07	3,9±0,2	5,4±0,2	8,8±0,1	14,1±0,1
5	1,29±0,03	2,7±0,03	4,4±0,1	6,0±0,1	9,4±0,2	14,8±0,2
6	1,31±0,03	2,6±0,04	4,2±0,1	5,9±0,2	9,7±0,1	15,7±0,2

В результате сравнения разных источников обогрева для поросят-сосунов учеными Кубанского ГАУ установлено, что применение инфракрасных ламп позволяет обеспечить новорожденных поросят зоной отдыха на 55,6%, в возрасте 28 дней – на 88,9%. Инфракрасные лампы не могут полностью соответствовать рекомендуемым нормативам. Использование в качестве источника локального обогрева ковриков и низкотемпературных панелей удовлетворяет поросят в площади логова в начале подсосного периода на 138,9 и 200% соответственно, к отъему – на 48,5 и 65,5% соответственно. Разработанная низкотемпературная обогревательная панель способствовала более равномерному распределению тепла в зоне отдыха поросят-сосунов и обеспечивала им комфортные условия при температурах, на 2...3°C ниже по сравнению с другими способами обогрева.

Эксплуатация системы теплового комфорта для поросят-сосунов показала, что в неотапливаемых свинарниках-маточниках при минимальных затратах электроэнергии практически исключён падёж среди поросят, а их средняя масса к 60-му дню жизни достигает 15...16 кг вместо 12...13 кг (по старым технологиям). Поросята, родившиеся физиологически неполноценными (массой менее 1 кг), не отбраковываются, а откармливаются, и к 30-му дню догоняют остальных по массе. В результате в конце подсосного периода сохраняется на 2...3 поросёнка больше, чем при содержании животных по старой технологии. Эффективность использования электрической энергии при применении пленочных электронагревателей в 3,1 раза выше, чем при применении установки локального обогрева на базе лампы ИКЗК-220-250, при этом поросятам обеспечивается полный тепловой комфорт [4].

В современных свинарниках для опороса нашли применение обогреваемые панели, которые крепятся на щелевых полах или встраиваются в них [5]. Примером такого оборудования являются нагревательные панели SUNPANEL, изготавливаемые по запатентованной технологии компанией ООО «ТД «СанПанел» [6].



Эффективность их применения исследовалась в Витебской государственной академии ветеринарной медицины [7]. Обогрев поросят-сосунов контрольной группы в свиарнике-маточнике в течение опыта осуществляли с помощью нагревательных плит НП-15 (ООО «Специальные системы и технологии»). а поросят опытной группы – в свиарнике с нагревательными плитами Sunpanel (производство – Южная Корея). За подсосный период в контрольной группе абсолютный прирост живой массы составлял 83,3 кг, в опытной группе – выше на 1,2 кг, или на 13,75%. За время проведения опыта среднесуточный прирост живой массы поросят-сосунов опытной группы был выше на 28 г (13,46%), по сравнению со сверстниками из контрольной группы. Применение искусственного обогрева с помощью нагревательных панелей Sunpanel позволило повысить относительную скорость роста на 3% и сохранность животных – на 8,5%. Расчеты по расходу электроэнергии показали, что за время проведения опыта более высокими оказались затраты электроэнергии на обогрев поросят с помощью нагревательных плит НП-15 и составили 982,8 кВт·ч. Применение нагревательных панелей Sunpanel позволило уменьшить расход электроэнергии до 831,6 кВт·ч, или на 15,4%. Таким образом, использование нагревательных панелей Sunpanel дает возможность обеспечить формирование локального микроклимата, наиболее полно удовлетворяющего биологическим особенностям растущего организма поросят-сосунов за счет более высокого и стабильного температурного режима по сравнению с нагревательными плитами НП-15.

*Выводы.* Применение способов локального обогрева поросят-сосунов обусловлено проблемой создания различных условий содержания свиноматки и поросят в помещениях для опороса. Существующие способы и оборудование для локального обогрева имеют как достоинства, так и недостатки. Дальнейшие исследования систем локального обогрева направлены на уменьшение последних. Комбинированное использование ламп накаливания или обогреваемого пола и брудеров в виде крышек с козырьками в течение первых трех недель подсосного периода обеспечили высокие показатели роста и сохранности, а также более высокую интенсивность обмена веществ у поросят в сравнении с животными, находящимися в течение подсосного периода под инфракрасными лампами или на обогреваемом полу. Применение искусственного обогрева с помощью нагревательных панелей Sunpanel позволило повысить относительную скорость роста на 3% и сохранность животных – на 8,5% и уменьшить расход электроэнергии на 15,4% в сравнении с нагревательными плитами НП-15. Правильное применение перечисленных способов дает положительные результаты.

**Список использованных источников**

1. Костенко С. В. Ретроспективный анализ продуктивного долголетия гибридных и чистопородных свиноматок компании Dan Bred в условиях УПК "Пятачок" КубГАУ / С. В. Костенко // Главный зоотехник. – 2013. – № 9. – С. 44-49.
2. Ткачев А.Н. Методика ускоренной оценки ресурса пленочных электронагревателей (на примере работы ПЛЭН в условиях свиноводства): дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02. – Челябинск, 2015. — 162 с.
3. Соляник А.А., Лещина С.Е. Рост и физиологическое состояние поросят при содержании их в станках с брудерами // Современные тенденции и технологические инновации в свиноводстве: матер. XIX Междунар. науч.-практ. конф. Горки, 4-6 октября 2012 г. / редкол.: И. П. Шейко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – С. 329-334.
4. Епишков Е. Н. Электрифицированная система теплового комфорта поросят-сосунов в условиях неотапливаемого свинарника-маточника: автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.20.02. – Челябинск, 2013. - 22 с.
5. [Приоритетные направления развития техники для животноводства за рубежом](#): науч. аналит. обзор по материалам Международной выставки «EuroTier - 2006» / Орсик Л.С., Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Мишуров Н.П., Кузьмина Т.Н. – М., 2007. – 188 с.
6. Нагревательные панели для обогрева поросят Sunpanel. URL: <http://sunpanel.ru/2013-12-04-05-46-13/pig> (дата обращения: 22.04.20).
7. Карташова А.Н., Савченко С.В. Эффективность применения средств локального обогрева поросят-сосунов // Матер. XI Междунар. науч.-практ. конф. «Аграрная наука – сельскому хозяйству», 4-5 февраля 2016 г. [Семинар – круглый стол](#) «Инновационные технологии производства и переработки продукции животноводства» / Алтайский ГАУ. URL: <http://www.asau.ru/ru/vestnik-2/conf-2016> (дата обращения: 22.04.20).

УДК 621.313

**ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ МОЛОЧНО-ТОВАРНОГО КОМПЛЕКСА**

Збродыга В.М., к.т.н., доцент,

Зеленькевич А.И., ст. преподаватель,

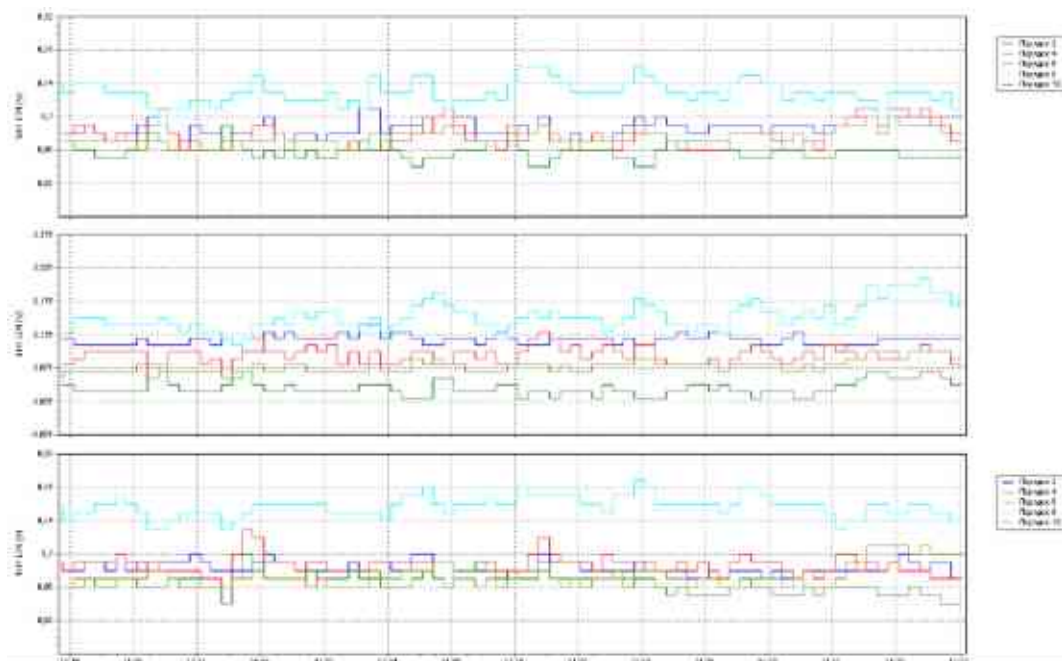
Вакулич Р.С., студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь.*

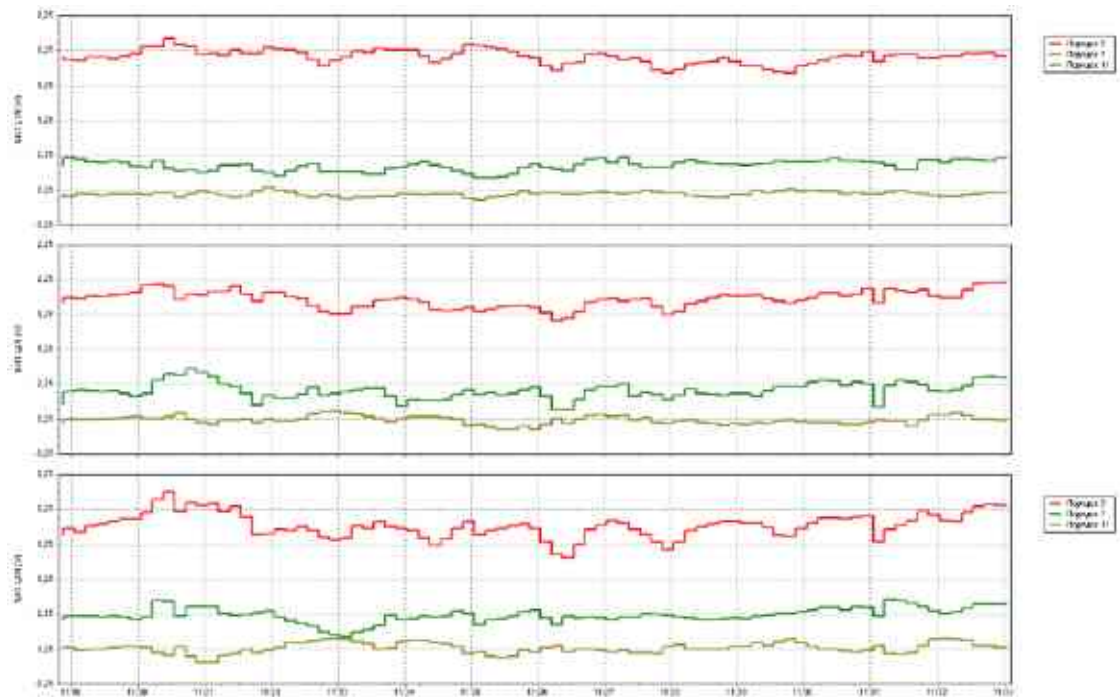
Из-за высших гармоник снижается производительность и срок службы силового электрооборудования, электротермических и электротехнологических установок, осветительных установок, нарушаются режимы работы систем управления технологическими процессами, релейной защиты, автоматики.

Исследования уровня несинусоидальности напряжений по ГОСТ 32144-2013 [1] проводились при выполнении научно-исследовательской работы в электрических сетях 0,4 кВ молочно-товарного комплекса «ТП 648 н.п. Дещенка» ПРУП «Экспериментальная база имени Г.И. Котовского».

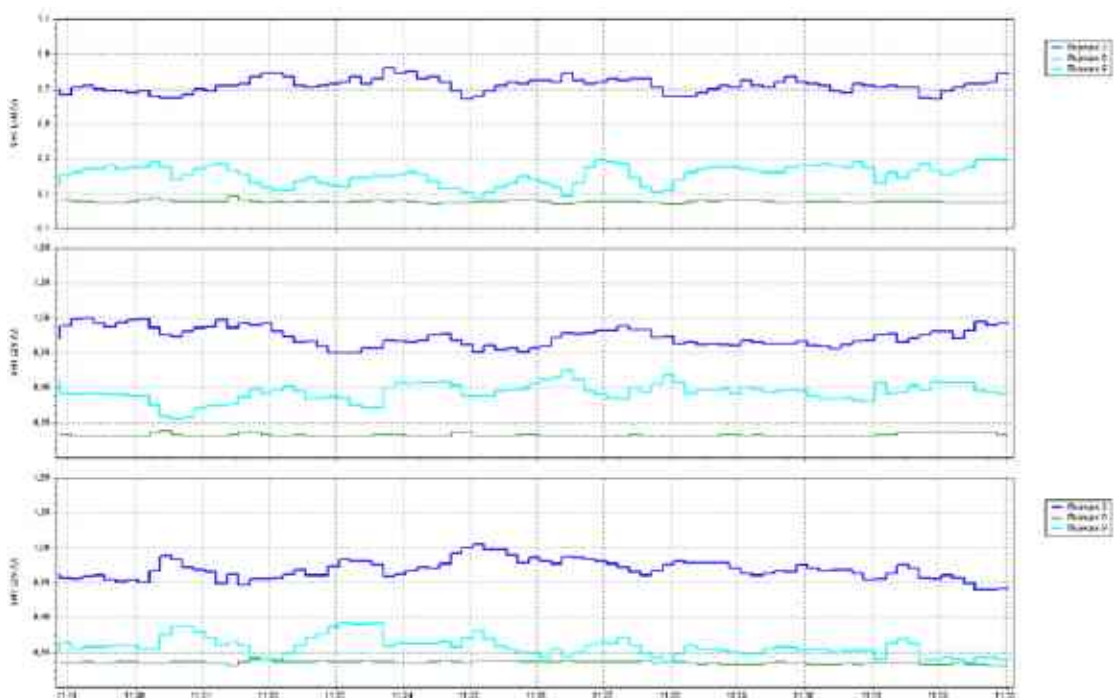
Измерения электрических параметров выполнялись с использованием цифрового трехфазного анализатора «Fluke 435».



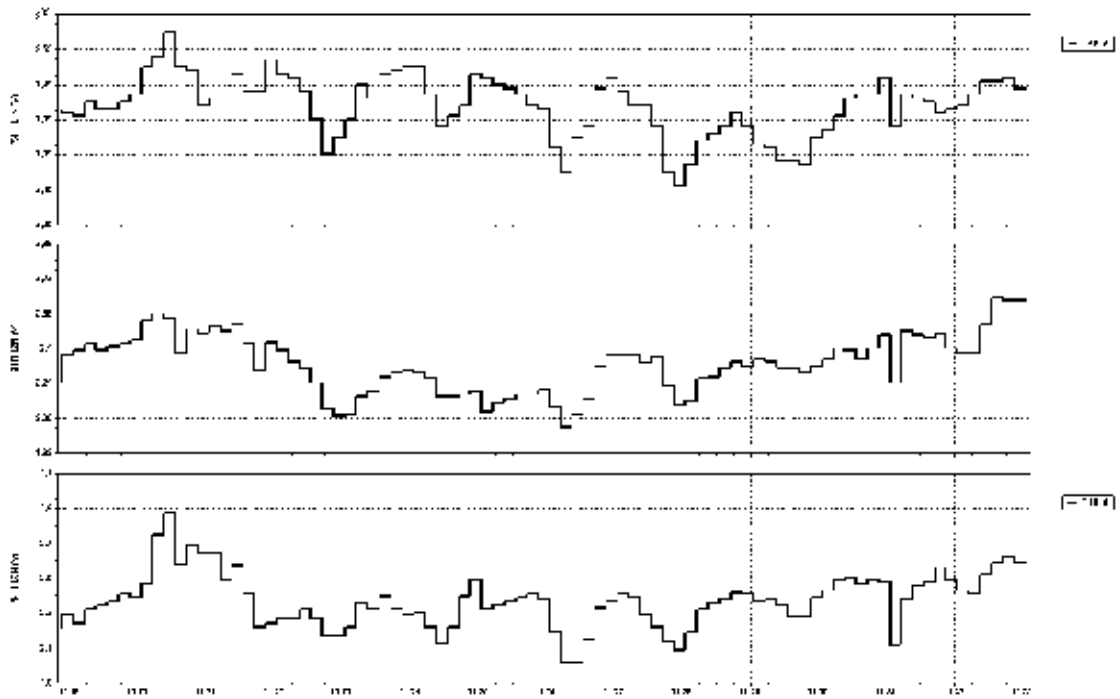
**Рис. 1. График изменения уровня четных высших гармонических составляющих напряжения по фазам А, В, С, соответственно на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 1)»**



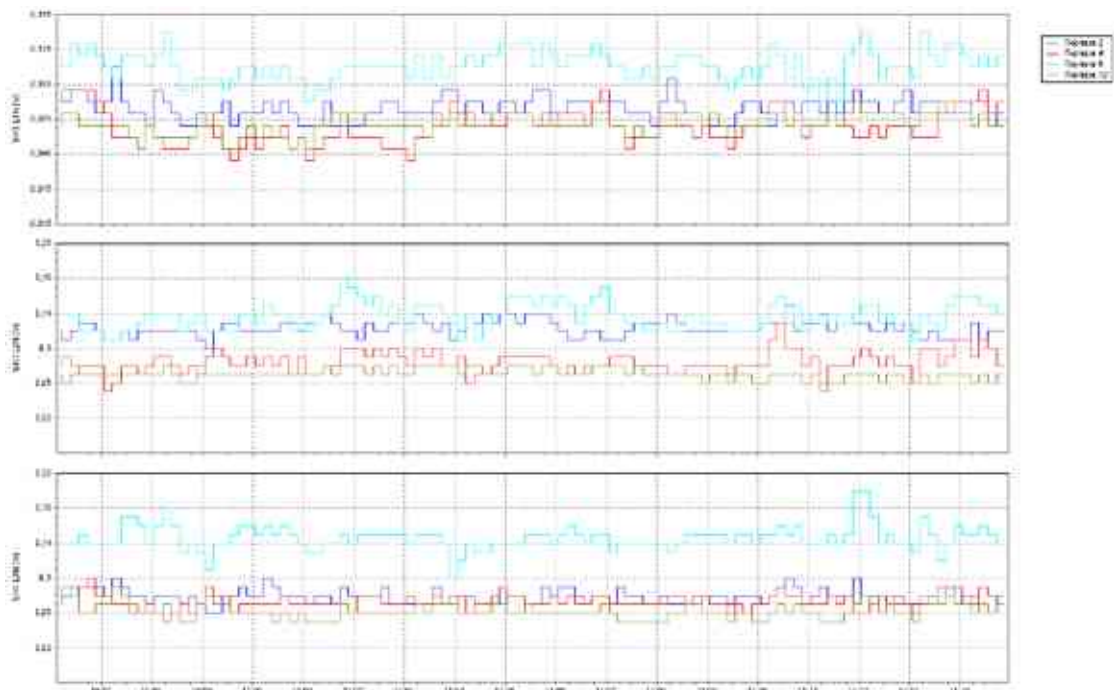
**Рис. 2. Графік изменения уровня нечетных высших гармонических составляющих напряжения по фазам А, В, С, соответственно на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 1)»**



**Рис. 3. Графік изменения уровня кратных трем высших гармонических составляющих напряжения по фазам А, В, С, соответственно на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 1)»**

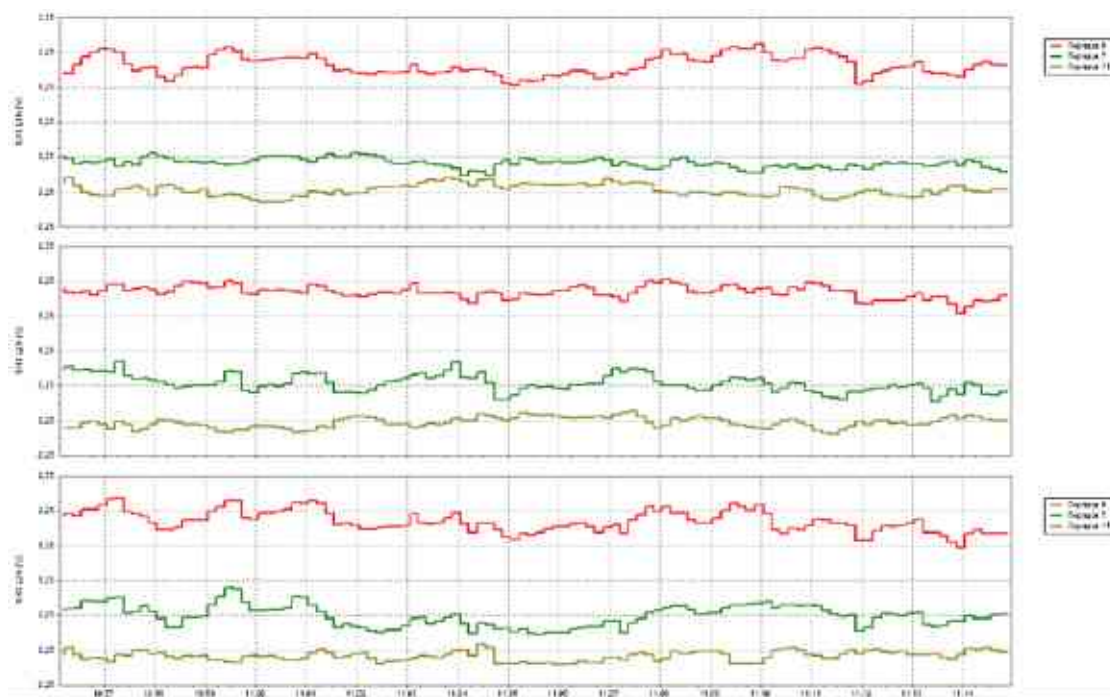


**Рис. 4. Графік изменения уровня суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения по фазам А, В, С, соответственно на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 1)»**

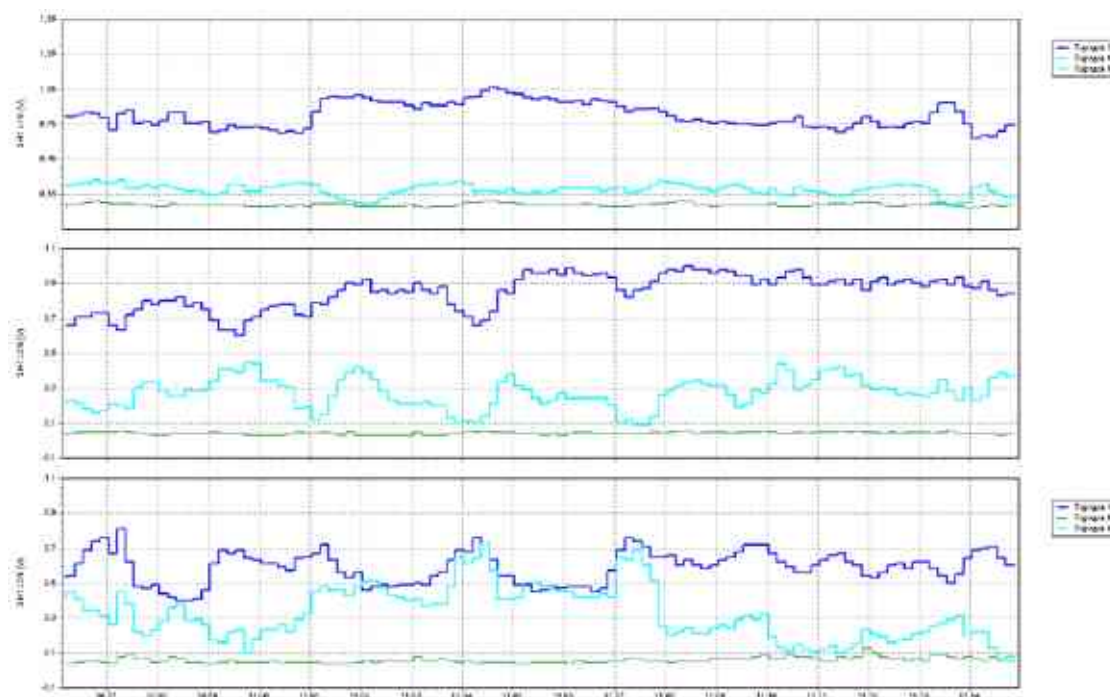


**Рис. 5. Графік изменения уровня четных высших гармонических составляющих напряжения по фазам А, В, С, соответственно на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 2)»**

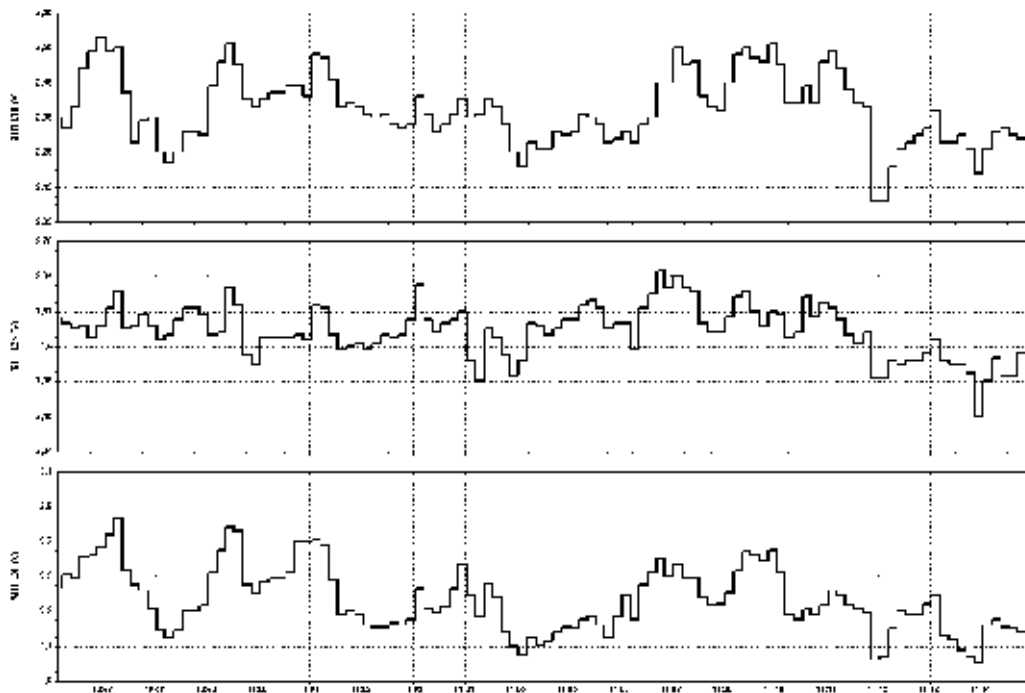




**Рис. 6. Графік изменения уровня нечетных высших гармонических составляющих напряжения по фазам А, В, С, соответственно на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 2)»**



**Рис. 7. Графік изменения уровня кратных трех высших гармонических составляющих напряжения по фазам А, В, С, соответственно на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 2)»**



**Рис. 8. График изменения уровня суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения по фазам А, В, С, соответственно на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 2)»**

Из графиков видно, что значения суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения для ввода 1 не превышает 2,9%, для ввода 2 не превышает 2,82% (допускается – 8%), значения отдельных гармоник напряжения не превышают 2,5% и 2,4%, соответственно.

**Вывод.** Значения суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения и коэффициентов n-ой гармонической составляющей напряжения находятся в пределах, нормируемых ГОСТ 32144-2013.

#### **Список литературы**

1. ГОСТ 32144-2013 (EN 50160:2010, NEQ). Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Взамен ГОСТ 13109-97; введ. 01.02.2016. Минск: Госстандарт, Минск: БелГИСС, 2015. III, 16 с.: ил., табл. (Государственный стандарт Республики Беларусь).

УДК 621.331 42.134

## THE NEED TO IMPROVE THE FEEDING PARAMETERS OF CATTLE

Uskenov R.B.<sup>1</sup>, c.a.s.,

Boltianska N.I.<sup>2</sup>, c.t.s.

<sup>1</sup>*Kazakh Agro Technical University S. Seifullina, Astana, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Dmytro Motorny Tavria state agrotechnological university, Melitopol, Ukraine*

The problem of increasing the use of feed by farm animals in order to increase the level and quality of products obtained from them is one of the most important problems of agricultural biological science. Therefore, the change in the norms of agricultural feeding animals and the revision of methods for assessing the nutritional value of feed in world science is a continuous process. The need to improve the parameters of feeding and evaluation is explained primarily by the development of physiological and biochemical bases of feeding biology and obtaining scientific information that allows to reconsider known facts, determine and clarify the need of animals for nutrients and ways to meet these needs. This is also facilitated by a significant increase in animal productivity, improvement of feeding techniques and feed procurement technologies [1-3].

The scientific basis for increasing the use of feed nutrients is the physiology of nutrition of farm animals, which is based on knowledge of the patterns and relationships of digestive and metabolic processes. The initial stage of metabolism in animals is digestion. It is a complex physiological and biochemical process by which food entering the digestive tract is subjected to physical and chemical changes, and the nutrients contained in it are absorbed into the blood and lymph. One of the important ways to increase the efficiency of feed nutrients is to increase its digestibility, which can be achieved only on the basis of knowledge of physiological and biochemical processes of feed digestion and taking into account the relationship of these processes with diet and physiological condition of the animal [4,5].

The development of normalization of nutrients in our country was mainly in the direction of increasing the number of normalized and controlled indicators. Until a certain point, such tendencies were justified, but mainly for monogastric animals. Currently, the needs are determined and rationing is carried out only in crude digestible substances. It is known that animals do not need food as such and not their chemical components for life and productivity, but metabolic substances that are formed in the processes of digestion and intermediate metabolism. It is also known that ruminants have fundamental differences in physiology and metabolism, which modify the quantitative and qualitative characteristics of almost all components of

feed. Microbiological processes in the pancreas change the amount and composition of feed amino acids, feed carbohydrates are converted into volatile fatty acids, fat and higher fatty acids are synthesized from non-lipid components. The synthesis of vitamins, assimilation of mineral substances has the features. The currently developed new nutrition system based on substrate metabolism is designed to largely solve this problem. Based on knowledge of physiological and biochemical processes of feed digestion, amounts of absorbed nutrients, their distribution, assimilation and further processing, it will allow more efficient use of feed, reduce metabolism, the number of diseases associated with metabolic disorders, which will extend the time economic exploitation of highly productive animals. It is known that most of the substrates that are directly involved in metabolism are formed and absorbed in the digestive tract, while the other is formed in the processes of intermediate metabolism in organs and tissues. Therefore, the basis of the new system is the digestion unit, which calculates the quantitative composition of absorbed nutrients. The future performance of the entire system will depend on how accurately these indicators will be calculated. In this regard, it is necessary to further study the digestive processes on issues related to the formation of the final products of digestion, and which are still insufficiently defined in quantitative terms. [6-9].

The study of domestic and foreign scientists to study the peculiarities of digestion in ruminants has accumulated a large amount of experimental material, shows the important role of the pancreas in the conversion and absorption of nutrients in food. The final hydrolysis of nutrients capable of absorption and transition into the internal environment of the body occurs mainly in the intestine. In this regard, it is important to clarify and clarify the relationship between digestion of food in the pancreas and their subsequent hydrolysis and assimilation in the intestine. Deep knowledge of the processes of digestion of food in the gastrointestinal tract will allow a more reasonable organization of rational feeding of animals.

In the system of complete feeding of farm animals, the provision of their protein is of great importance. In recent years, in our country and abroad, special attention has been paid to the issue of protein nutrition of ruminants. This is due to the fact that the lack of feed protein remains another major problem in the feeding of farm animals. Under such conditions, along with increasing the production of high-quality protein feeds, it is equally important to develop ways to increase the efficiency of their use.

Studies in recent years have convincingly shown that the solution of the issues of rational feeding of ruminants is impossible without sufficient knowledge of the processes of decomposition of feed protein and synthesis of microbial protein in the rumen. Particular importance is attached to the development of scientifically sound feeding of highly productive animals. If the need of low-yielding animals for protein can be met by the synthesis of microbial protein in the rumen and the qualitative composition of feed

protein does not play a special role, the need of high-yielding animals is met by microbial protein and high-quality protein feed that has not broken down in the rumen. In this regard, the elucidation of conditions conducive to the intensive synthesis of microbial protein in the rumen due to simple nitrogen compounds, as well as reducing the breakdown of high quality feed proteins and increasing their entry into the stomach, is an important task in developing measures to improve feed efficiency. and animal productivity.

Experimental data on the peculiarities of nitrogen metabolism in ruminant pancreas, knowledge of physicochemical properties of protein, processes of microbial protein synthesis in the rumen and the latter's contribution to the amino acid supply of animals became the basis for a new approach to normalization of protein nutrition in ruminants.

In ruminants, as in monogastric animals, the need for nitrogenous components is met by amino acids that are absorbed in the small intestine. They come in microbial protein, undigested feed protein, and endogenous proteins. The need of rumen microorganisms in nitrogen is met through the use of non-protein forms of nitrogen and the fraction of decomposing feed protein, the rate and magnitude of decomposition of which are important factors determining the overall digestibility of nutrients in rumen and efficiency of ruminant nitrogen. Indicators of the rate and magnitude of the breakdown of feed protein are determined along with the physicochemical properties of the protein, proteolytic and cellulolytic activity of the scar environment and the rate of evacuation of the contents of the pancreas into the intestine. Currently in the literature there is a small amount of data on the influence of the scar environment on the rate and magnitude of the breakdown of crude feed protein. As a result of these studies, it was noted that the degree of protein breakdown in the rumen of ruminants is regulated mainly by the outflow of scar contents. However, in some cases, researchers do not detect the effect of outflow rate on protein breakdown. In this regard, it is important to clarify the conditions under which such exposure occurs depending on the composition of the protein fractions and the diet as a whole. The same questions are relevant in terms of the influence of the composition of the diet and the conditions of the scar environment on the breakdown of the fractions of fiber, starch, sugar and lipids from individual feeds.

When formulating rations for ruminants, in order to ensure a sufficient level of non-degradable protein, the fractional composition of feed protein and the decay rate constant of its insoluble degradable fraction should be taken into account. Reducing the pH of the scar environment below 6,3 due to increased fermentation of non-structural carbohydrates in the diet, reduces the rate constant of protein breakdown, which leads to a change in the level of decomposition of the feed. New systems of feeding cows allow to estimate need and to carry out rationing of feeding taking into account formation of substrates in a digestive tract in processes of digestion of a forage and an intermediate exchange in an organism after absorption. It is believed that



only on this basis it is possible to proceed to forecasting the chemical composition of milk. It is known that the main part of the substrates that are directly involved in metabolism, is formed and absorbed in the digestive tract, while the smaller is generated in the processes of intermediate metabolism in other organs and tissues.

Therefore, the basis of the new system is the digestion unit, which calculates the quantitative composition of individual absorbed nutrients, rather than digestible raw nutrients. The future performance of the entire system will depend on how accurately these indicators will be calculated. In this regard, there is a need to study the processes of digestion on issues related to the development of the final products of digestion.

### References

1. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production». 2019. Uman. 18–20.

2. Boltyanska N. I. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.

3. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249–258.

4. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll scientific-works of Intern. Research Practice Conf. «Topical issues of development of agrarian science in Ukraine». Nizhin, 2019. Pp. 84–91.

5. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. TDATU Scientific Bulletin. 2018. Issue 8. Vol. 2. Pp. 44–56.

6. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158.

7. Boltyanskaya N.I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. *Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition*. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.

8. Boltyanskaya N.I. Indicators of an estimation of efficiency of application of resourcesbutGauci technologies in animal husbandry. *Bulletin of Sumy national agrarian University. A series of "Mechanization and automation of production processes"*. Amount. 2016. Vol. 10/3 (31). 118-121.

9. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 621.35 : 636.08

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА КОРМОВ

Кардашов П.В., к.т.н., доцент,

Корко В.С., к.т.н., доцент,

Дубодел И.Б., к.т.н., доцент,

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Корма занимают основную долю затрат в производстве животноводческой продукции. При получении молока на них приходится 55% затрат, свинины – 54%, говядины – 68%. Существенное снижение себестоимости продукции может быть достигнуто снижением стоимости кормов и повышением эффективности их использования.

Глубинные, качественные изменения в кормах, обеспечивающие повышение их питательности, возможны только при определенных изменениях в их химической структуре. Известные технологии повышения питательности основаны в большинстве случаев на принципах тепловой обработки.

Широкими возможностями, обладают электрофизические и электрохимические методы повышения питательности кормов, разработанные в БГАТУ.

Применяя электрохимические методы активации дисперсной среды, можно значительно интенсифицировать процесс обработки кормов, снизить конечную температуру обработки, повысить переваримость обрабатываемого корма, уменьшить энергоемкость.

Электрохимическое воздействие тока проявляется в интенсификации химических превращений в веществе кормов в электролитах.

Известно, что в основе химических превращений веществ лежит перегруппировка и обмен электрически заряженными частицами электролитов или ионами. Когда ионы выступают не как носители электричества, а как химически активные частицы, внешнее электрическое поле оказывает существенное влияние на их поведение и взаимодействие со структурными элементами кормовых материалов. Электрохимическое воздействие относится к нетепловым технологическим проявлениям, не связанным непосредственно с термическим действием тока, оно является «чисто электрическим».

Максимальное использование нетепловых технологических свойств тока является важным резервом снижения энергоемкости процесса, разработки энергосберегающих технологий.

Электрохимической обработке в наибольшей мере подвергаемы: солома, фуражное зерно, картофель и корнеплоды, сок из картофеля и трав и некоторые другие.

Ткань соломы состоит из клеточных элементов, которые содержат в себе целлюлозу, гемицеллюлозу, лигнин, а также в небольшом количестве различные жиры, воски, смолы и неорганические вещества.

Организм животного не переваривает лигнин. Для повышения усвояемости питательных веществ организмом животного необходимо разрушить лигнин и его связи в структуре соломы.

При электрохимической обработке соломы активным, действующим фактором является ион  $\text{OH}^-$ , который разрушает простые эфирные связи, образует новые фенольные гидроксилы, уменьшает молекулярную массу лигнина.

Экспериментальные исследования свидетельствуют, что обработка соломы в кислой и щелочной средах, созданных постоянным электрическим током с разделительной мембраной, повышает переваримость в 2,5...3 раза (табл. 1).

Таблиця 1

Влияние обработки на переваримость ржаной соломы [1]

Переваримость соломы, %	Вид обработки				
	Без обработки, контроль	Нагрев в термостате	Электрический ток		
			50 Гц	Постоянный	
				pH = 2...3	pH = 11...12
Среднее значение	12,49	16,7	22,5	30,6	38,2
Повышение к контрольному	–	33,8	80,1	245	306

Фуражное зерно содержит большое количество высокопитательных веществ: главным образом безазотистые экстрактивные (около 60–72 %, из них 55–57 % крахмала), протеин (10–14 %), жир (2–5 %) [2, 3]. Оболочка зерна труднопереварима для пищеварительных ферментов, а входящий в его структуру крахмал находится в нативном состоянии. Основные изменения свойств вещества зерна происходят в результате превращений в крахмале.

Повышение питательности зерна происходит при расщеплении макромолекул крахмальных зерен на отдельные фрагменты во влажной среде под воздействием ионов при температуре выше 51,5 °C. Разрушение большинства молекул превращает крахмал в клейстер.

Основными действующими ионами процесса клейстеризации считают катионы  $\text{H}_3\text{O}^+$  и анионы  $\text{OH}^-$ , которые образуются при диссоциации воды.

Химическое воздействие электрического тока можно усилить электролизом раствора электролита. Электролиз можно осуществить путем создания униполярной ионной среды посредством пропускания постоянного электрического тока через зерновую массу, расположенную между токоподводящими электродами, разделенными мембраной.

Экспериментальные исследования показали, что использование термического и химического действий электрического тока, позволяет повысить глубину обработки и эффективность использования его питательного потенциала. Обработка зерна на постоянном токе с разделительной мембраной увеличивает переваримость ячменя в кислой и щелочной средах (табл. 2).

Таблиця 2

Влияние обработки на переваримость зерна ячменя [4]

Перевари- мость со- ломы, %	Вид обработки					
	Без об- работки, кон- троль	Нагрев в термо- стате	Электрический ток			
			Пере- мен- ный, 50 Гц	Посто- янный	Постоянный	
		рН = 2...3			рН=11...12	
Среднее зна- чение	49,1	50,8	58,3	58,7	73,5	76,4
Повышение к контроль- ному	–	3,5	18,7	19,5	49,7	55,6

Картофельный сок представляет собой устойчивый коллоидный раствор и содержит до 7% сухих веществ, состоящих из органических веществ, азотистых соединений (4...5% от массы, 50...70% из них белки), ферментов и витаминов. В нем содержится до 22 аминокислот. Минеральный состав представлен солями, в которые входят железо, сера, хлор, цинк, калий и микроэлементы – медь, бром, марганец, кобальт. Одним из направлений повышения эффективности переработки картофеля является выделение сухих веществ из картофельного сока путем коагуляции.

Из результатов экспериментальных исследований, проведенных в лаборатории транспорта и регуляции обмена веществ растений ИЭБ АН РБ, можно сделать вывод, что электрохимическая коагуляция белков картофельного сока имеет значительные энергетические и технологические преимущества (табл. 3).

Таким образом, делегнификация соломы, деструкция крахмала зерна, коагуляция белков растительных соков – это процессы химические, глубина и кинетика которых существенно зависят от водородного показателя и температуры среды. Из существующих способов задания определенных значений рН и температуры наиболее приемлемым, на наш взгляд, является электрохимический – электролиз кормовой среды или водного раствора солей, увлажняющего корм.

Изменяя параметры электрического поля, можно воздействовать и на характер и на скорость термохимических процессов в кормовых материалах. Применительно к обработке соломы и зерна в водных растворах химреагентов, коагуляции белков растительных соков наиболее значимо химическое действие электрического тока.

Таблиця 3

Влияние обработки на коагуляцию белков картофельного сока [5]

Показатели коагуляции	Способ коагуляции				
	Тепловой контроль	Химический	Термо-химический	Электро-термический	Электро-химический, рН=4...5
Конечная температура обработки, °С	70	20	70	70	40
Выход белка, %	78	53	85	87	97
Выход белка к контрольному, %	–	-32	+8,9	+11,5	+24,3
Относительная энергоемкость, о.е.	1	0,42	0,92	0,90	0,46

Результаты экспериментальных исследований подтверждают химическое действие электрического тока на изменение питательных свойств кормовых материалов.

### *Список литературы*

1. Николаенок М.М. Обоснование технологических параметров и технических средств для электротермохимической обработки соломы.: Дис. ... канд. техн. наук, Минск, 1984. 261 с.
2. Корма. Справочная книга / Под ред. М.А. Смурыгина. М.: Колос, 1977. 368 с.
3. Косинский В.С. и др. Основы земледелия и растениеводства. М.: Колос, 1980. 335 с.
4. Кардашов П.В. Повышение эффективности использования фуражного зерна путем обработки электрическим током.: Дис. ... канд. техн. наук, Минск, 2003. 154 с.
5. Ющенко И.Б. Разработка способа электрокоагуляции белка картофельного сока.: Дис. ... канд. техн. наук, Минск, 1997. 164 с.



УДК 621.373:631.27

## УДОСКОНАЛЕНІ ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ПАСОВИЩНОГО УТРИМАННЯ ОВЕЦЬ

Парієв А.О., к.т.н.,

Коротченко Т.М.,

*Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва*

**Постановка проблеми.** Перехід на цілорічне промислове маловитратне виробництво м'ясо-молочної продукції тваринництва, зокрема ВРХ і овець, неможливе без організації й впровадження у виробництво малогабаритних пересувних технічних засобів для утримання ВРХ і овець в умовах культурних пасовищ [1].

Оскільки спеціалізованого обладнання для таких цілей вітчизняна промисловість не виробляє, то для цього використовується імпортне обладнання, яке має низьку напругу імпульсу (2-3 кВ), що недостатньо для посушливих умов клімату України, велику потужність споживання та велику ціну [2-4].

Відомі схеми генераторів ИЭ-200, ГИЭ-1 мають низьку надійність та застаріли, а імпортні Magnum В1 - не забезпечують необхідних показників для відлякування тварин [5-6].

Розроблення і виробництво електроогорожі для пасовищного утримання худоби та генератора високовольтних імпульсів, який ефективно відлякує тварин від огороженого периметру загону, дозволяє раціонально використовувати травостій при загінній пастьбі та збільшити продуктивність тварин порівняно з вільним випасом без огороження до 300% [7].

**Основні матеріали дослідження.** Для ефективного та раціонального використання культурних і покращених пасовищ в Запорізькому науково-дослідному центрі механізації тваринництва ННЦ «ІМЕСГ» удосконалено комплекс технічних засобів з регульованою електричною напругою імпульсу на лінії електроогорожі для пасовищного загінної системи утримання овець [10-11].

Для розширення функціональних можливостей огорожі збільшена кількість проводів в лінії до 3-4 рядів замість традиційних 1-2, щоб вівця відразу при дотику отримувала удар через невеликі проміжки між проводами.

З метою зменшення трудомісткості робіт з натягування проводу збільшено число котушок в комплекті, що забезпечує масу котушки разом з проводом 10 кг замість 16,8 кг. При цьому полегшується процес встановлення і змотування проводів.

Особливістю електроогорожі є те, що за рахунок більшої довжини стояка (1200 мм) забезпечується можливість встановлення проводу на

висоті до 90 см (при заглибленні на 30 см), що дозволяє використовувати її також для випасу великої рогатої худоби. Ізолятори від стандартної електроогорожі ІЕ -200 дозволяють пересувати їх по всій довжині стояка діаметром 10 мм і розташовувати провід на необхідній висоті: для овець 30-40 і 60-80 см; для великої рогатої худоби 80 - 90 см. Маса одного стояка - 0,86 кг.

Удосконалений генератор високовольтних імпульсів має підвищену напругу імпульсу (5-7 кВ) для посушливих природних умов півдня України без зростання його потужності, що дозволяє пробивати вовну вівці та відлякувати тварин від огорожі [12]. Генератор має значно зменшену потужність споживання за рахунок очікувального режиму і тому значно більший час роботи від акумулятора в автономних умовах на пасовищі – до 170днів (рис.1, табл.1).



Рис. 1. Зовнішній вигляд удосконаленого генератора імпульсів

Таблиця 1

Технічна характеристика генератора імпульсів

Найменування	Показники
Джерело живлення	акумулятор 12В 50-60 Агод
Напруга на двопровідній лінії 1000 м, кВ	5/7,2
Частота вихідних імпульсів імп/хв	60
Енергія удару, Дж	0,2/0,5
Час роботи в авторежимі від акумулятора, днів	30
Час роботи в очікувальному режимі, дн.	170
Габаритні розміри, мм	326x175x345
Маса, кг	7

Покращення технічної характеристики генератора досягнуто за рахунок нового принципу роботи обладнання - використання очікуваного режиму роботи, коли імпульс формується при дотику тварини до лінії. Підвищення надійності, економічності та спрощення схеми генератора імпульсів досягається за рахунок розроблення системи керування на

основі мікроконтролера AVR ATtiny та зарядженням накопичувальної ємності стабілізованим струмом.

Удар електричного струму, який отримує тварина при дотику до проводу електроогорожі по своїм параметрам безпечний, але дуже неприємний для тварин. Тому після 2-3 спроб прориву і отриманих ударів вони намагаються не наближатися до проводу. Звичайно при випасанні стада за електроогорожею на протязі 2-3 днів у всіх тварин виробляється захисний рефлекс і вони не проривають лінію огорожі. Кутові пружини значно зменшують кількість розривів проводу за рахунок розтягування. Після привчання тварин до електроогорожі генератор перемикається з автоматичного режиму, коли він безперервно генерує імпульси в очікувальний режим, коли імпульси виробляються лише при дотику тварини до проводу.

Дія електричних імпульсів на тварин не позначається на продуктивності і не викликає негативної дії на приріст ваги тварин.

Найбільш чуттєвий удар тварина отримує від дотику мордою до проводу огорожі. При цьому тварина відскакує від огорожі і через кілька секунд починає знову пастися. Фізична суттєвість електричного удару полягає в тому, що при дотику або наближенні тіла тварини до проводу, відбувається іскровий розряд електричного струму від генератора через провід, вовну, тіло тварини і землю на заземлювач генератора. Тому напруга імпульсу повинна бути достатньою для пробивання вовняного покриву і для овець становить не менше 5кВ. Енергія удару безпечна для тварин не більше 5Дж, а кількість електрики - 2,5мКл.

Провід електроогорожі повинен розташовуватись на 2/3 висоти тварини від землі. Якщо зміна висоти проводу неефективна, збільшують число рядів проводу. Для овець звичайно застосовують 2 або 3-рядну огорожу з висотою приводів відповідно: 30-40 і 60-80см та 20, 40, 60-80см в залежності від розміру тварин. Сильний натяг проводу конче необхідний для кращого контакту з тілом тварин. Тому рекомендується використовувати посилені кутові стояки і прямолінійні сторони пасовищної ділянки, за формою наближеної до прямокутника.

Для переносної електроогорожі в якості проводу використовують оцинкований м'який сталевий дріт діаметром 1,0-1,5мм, синтетичний струмопровідний шнур діаметром 3-4 мм або стрічку 10-30мм який більш помітний тваринам. Проводи більшого діаметру 2-3мм і колючий дріт використовується для огороження постійних ділянок і скотопрогонів, через більшу трудоемкість встановлення.

**Висновки.** Удосконалений генератор імпульсів з очікувальним режимом роботи до електроогорожі з системою керування на основі мікроконтролера ATtiny забезпечує підвищену напругу імпульсу, спрощення схеми, підвищення надійності та економічності генератора через

заряджання накопичувальної ємності стабілізованим струмом, дозволяє визначити стан опору ізоляції лінії. Система керування регулює коефіцієнт заповнення імпульсу по певному закону.

Впровадження новітніх маловитратних і енергоощадних технологій з використанням створених технічних засобів забезпечить підвищення продуктивності праці до 50%, зниження затрат енергії на 25-40 %; підвищення продуктивності пасовищ на 25-50 %.

#### **Список використаних джерел**

1. А. Аланбеков. Электроизгородь как способ повышения эффективности использования пастбищного корма // Эффективное животноводство. 2007. № 3

2. ГОСТ ИЕС 60335-2-76-2011 Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Часть 2-76. Частные требования к блокам питания электрического ограждения.

3. <http://skotnyidvor.ru/dovidnyk-zooinzhenera.html>

4. Стандарт EN 55014-1:2006 +A1:2009 +A2:2011, EN 55014-2:1997+A1:2001+A2:2007.

5. Стандарт EN 60335-2-76:2005+A1:2006 + A11:2008 +A12:2010.

6. Стандарт ИЕС 60335-2-76 пункты 14,16 b 29, EN 60335.2.76.

7. Патент №38916 Україна, МПК (2009):A01K 3/00 Електрична огорожа для випасання тварин / Ренсевич Є.О., Канищева Л.О. - 2с. іл. Опубл. 26.01.2009, бюл. № 2/2009.

8. Ренсевич Є.О. Дослідження електричних характеристик вовняного покриву вівці //«Вівчарство» міжвідомчий тематичний науковий збірник-Вип.33, Видавництво«ПІЕЛ».2006, С.51-55.

9. Ренсевич Є.О. Порівняння характеристик генератора імпульсів електроогорожі з високовольтним трансформатором і котушкою запалювання // Механізація і екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: Зб. Наукових праць ІМТ УААН.-Вип.1 (7). Запоріжжя, ІМТ УААН- 2011.-С.101-106.

10. Парієв А.О., Ренсевич Є.О. Технічне забезпечення контрольованого утримання великої рогатої худоби та овець на пасовищах. Науково-інформаційний бюлетень завершених наукових розробок. Аграрна наука – виробництву. Київ, 2018.- Вип.2.

11. Ренсевич Є.О., В.С. Яковчук Генератор високовольтних імпульсів електроогорожі з системою керування на основі мікроконтролера. Науково-теоретичний фаховий журнал «Науковий вісник «Асканія-Нова» Інституту тваринництва степових районів імені М. Ф. Іванова «Асканія-Нова» - Національного наукового селекційно-генетичного центру з вівчарства. Нова Каховка «ПІЕЛ», 2018, Вип. 11. С.38-44.

12 Ренсевич Є.О. 2018. Пат. 124029 Україна, МПК (2017) H03K3/53. Генератор імпульсів для електроогорожі; заявник та власник патенту ЗНДЦМТ ННЦ «ІМЕСГ» № u 201711429; заявл. 22.11.2017; опублік. 12.03.2018, Бюл. № 5.(Україна).

УДК 631.171.075.3

## НАПРЯМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТВАРИННИЦТВІ

Болтянська Н.І., к.т.н.,

Рижов О.І., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

На сьогодні перед людством постало декілька проблем. Серед них продовольча, енергетична та екологічна, розв'язання яких вимагає максимально ефективного балансування харчових, сировинних та енергетичних потреб з можливостями агроecosystem. Комплексне вирішення цих проблем спрямоване на подолання протиріччя, суть якого в тому, що збільшення виробництва продуктів харчування або виробництва та споживання енергії призводить до порушення екологічної рівноваги і погіршення стану навколишнього природного середовища [1,2].

Останнім часом підвищення врожайності сільськогосподарських культур забезпечується використанням нових сортів та завдяки широкому застосуванню мінеральних добрив, пестицидів, гербіцидів, стимуляторів росту, збільшенню інтенсивності обробітку ґрунту. Це призводить до падіння родючості ґрунтів та вимагає періодичного перегляду і збільшення значень нормативних показників, які характеризують безпечність продуктів харчування. Як показує досвід, натуральну високоякісну продукцію можна отримувати без використання синтетичних речовин при одночасному збереженні родючості ґрунту, однак у цьому випадку резерви збільшення виробництва обмежені, що вступає у протиріччя з потребами у сільськогосподарській продукції [1-3].

Тому проблема виробництва якісних та безпечних для людини продуктів харчування в кількості, достатній для забезпечення потреб населення з одночасним відтворенням родючості ґрунтів, а також техніко-технологічне забезпечення її вирішення є актуальною для агропромислового виробництва. Розвиток трансформаційних процесів у тваринництві в даний час не супроводжується їх механічною ліквідацією, а полягає у перетворенні галузей (систем) і існуючих тут економічних взаємовідносин у нові за змістом і з орієнтацією на ринок. У таких складних умовах значна роль відводиться ринковій трансформації (визначається регіональними факторами і передумовами розвитку ринкових відносин), яка спрямована на економічну модернізацію, структурну перебудову і переоснащення виробництва, забезпечення високого рівня конкурентоспроможності продукції, особливо тваринницької, на зовнішніх ринках та задоволення продовольчих потреб усіх верств населення [4-6].



Технічне забезпечення сільськогосподарського виробництва, яке включає амортизаційні витрати – нормативні відрахування від вартості споруд, машин та обладнання, вартість пального, мастильних матеріалів, електроенергії, палива та енергії, а також запасні частини, ремонт та будівельні матеріали для ремонту з урахуванням сучасних тенденцій зростання цін на паливно-мастильні матеріали, займає у загальних витратах на виробництво сільськогосподарської продукції 22,3 %, окремо для рослинництва – 25,2 % та для тваринництва – 14,6 %. На сучасному етапі техніка стає більш складною (роботизація технологічних операцій, GPS контроль і управління агрегатами та ін.). Зростає також номенклатура машин завдяки впровадженню нових технологій. Одночасно відбувається фізичне і моральне старіння машино-тракторного парку, що призводить до значних втрат. Серйозні вплив на сільськогосподарське виробництво мають наслідки по- дорожчання моторних палив (збільшення ціни дизельного палива на 1 грн/кг призводить до додаткових витрат у розмірі до 2,0 млрд. грн). Це спонукає до розробки енергозберігаючих технологій та відповідної техніки, використанню альтернативних моторних палив, впровадженню переробки сировини на місцевому рівні, оптимізації інфраструктури і транспортних послуг. Такі інноваційні зміни забезпечують додаткову прибутковість сільськогосподарського виробництва [7-10].

Що стосується галузі тваринництва, яка має на сьогодні тенденції до зростання, необхідно проводити подальші дослідження в напрямку аналізу стану та визначення перспектив подальшого розвитку з урахуванням техніко-технологічного забезпечення галузі на ос- нові вирішення наукових та технічних задач.

Протягом останніх років в Україні спостерігається зменшення рівня технічного оснащення тваринництва, але у підприємств немає вільних коштів, які можна було би отримати за рахунок власних прибутків, бюджетних надходжень, амортизаційних нагромаджень, кредитних ресурсів комерційних банків. Окрім цього щорічно погіршується стан справ щодо залучення інвестицій і впровадження новітніх технологій у сільськогосподарському машинобудуванні [11,12].

На сьогоднішній день тваринництво більшості регіонів України має значний трудовий і генетичний потенціал тварин та володіє суттєвими виробничими резервами, а тому визначає соціально-економічні умови життя людей, що проживають на їхніх територіях. Поряд з цим воно є одним із основних споживачів великих обсягів матеріально-технічних ресурсів, які приймають участь у організації і веденні виробничої діяльності (у більшості випадків ризикової із-за непередбачуваних кліматичних умов, використання обмежених ресурсів землі і впливу чинників зовнішнього середовища).

Означене коло проблем потребує удосконалення фермської техніки, яке відтворює поетапне досягнення науково-технічного розвитку

засобів механізації утримання, обслуговування і годівлі сільськогосподарських тварин і знаходиться у прямій залежності від закономірностей та вимог ринкових умов господарювання, які зумовлюють необхідність впровадження науково-технічних нововведень при виконанні виробничо-технологічних процесів у тваринництві. Варто визначити загальні умови, які необхідні для того, щоб галузі тваринництва і їхні виробничо-технологічні процеси можна було розглядати як окремо взяті системи, що потребують модернізаційних змін:

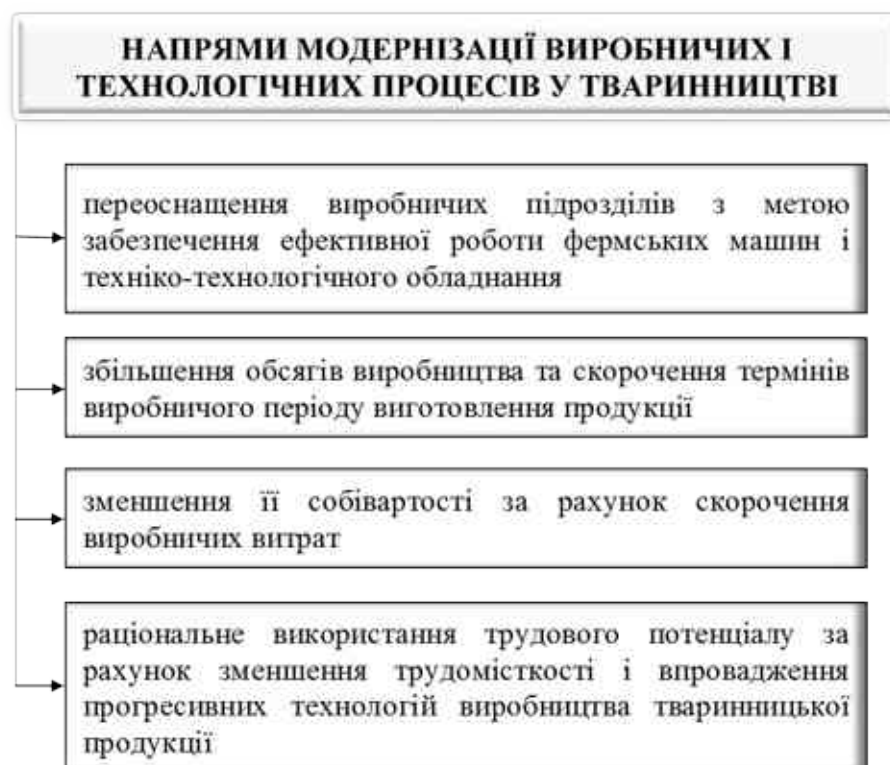
- визначення мети, функцій і завдань виробничої діяльності;
- прийняття рішень щодо встановлення відповідальності керівництва за економне витрачання виробничих ресурсів при здійсненні модернізації виробничих процесів у галузях тваринництва;
- наявність взаємозв'язків між структурно визначеними підсистемами (галузями), що функціонально можуть позитивно впливати на покращення показників діяльності основної системи (тваринництва);
- надання споживачам (інтереси яких покликані задовольняти галузі тваринництва) можливості брати участь у обговоренні і вносити пропозиції щодо проведення модернізаційних змін;
- створення підприємством умов для здійснення модернізації і ефективного функціонування галузей тваринництва та забезпечення можливостей реалізації прийнятих рішень.

Встановлено, що на тих підприємствах, де у тваринництві функціонують застарілі технологічні процеси не може вироблятися якісна і конкурентоспроможна продукція, а тому їх необхідно реконструювати (відповідно до світових стандартів) за рахунок надання інвестиційної підтримки, налаштувати на використання новітніх технологій та запровадити систему стимулювання виробництва екологічно безпечної сертифікованої продукції, попит на яку щорічно зростає. У цьому відношенні важливе значення має:

- збільшення кількісного складу генетичного потенціалу, підвищення біологічної продуктивності тварин;
- виведення нових високопродуктивних порід худоби;
- налагодження селекційної роботи; удосконалення способів утримання, годівлі тварин;
- інформатизація і комп'ютеризація виробничих та технологічних процесів.

Окрім цього використання сучасних технологій переробки продукції тваринництва дозволяє не тільки поліпшити якість сировини, а й забезпечити виробництво товарів з новими біологічними і поживними властивостями. А тому кожному підприємству необхідно розробити стратегічну програму інноваційного розвитку, де основну увагу слід надати концептуальним засадам і пріоритетним напрямам створення ефективних механізмів техніко-технологічного тваринництва. Техні-

чне переоснащення передбачає зменшення витрат праці по видах операцій у межах прийнятої технології утримання тварин. При виборі фермських машин і механізмів перевагу слід надавати схемам комплектування з мінімальною кількістю машин у технологічному ланцюжкові. Це дає змогу підвищити коефіцієнт готовності машин до виконання своїх функцій в регламентований час, передбачений розпорядком дня. Напрями модернізації виробничих і технологічних процесів у тваринництві наведено на рис.1.



**Рис. 1. Напрями модернізації виробничих і технологічних процесів у тваринництві**

Вищенаведене потребує постійного проведення підприємствами детального моніторингу стану техніко-технологічного рівня та потенціальних можливостей галузей тваринництва виготовляти ту продукцію, яка користується підвищеним попитом на внутрішньому і зовнішньому ринках. З'ясовано, що ефективність техніко-технологічного переоснащення у значній степені залежить від кваліфікації персоналу, знання ним біологічних особливостей тварин, їхню реакцію на стресові ситуації, а також розуміння правил технічного обслуговування фермської техніки і можливостей здійснювати оптимальне технологічне налагодження робочих органів машин та обладнання

#### ***Список використаних джерел***

1. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production". 2019. Uman. 18-20.

2. Скляр Р.В., Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

3. Boltyanskaya N. I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.

4. Boltyanskaya N. I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.

5. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N., Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.

6. Болтянська Н.І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва шляхом підвищення рівня надійності техніки. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2018. Вип. 282, ч.1. С. 181–192.

7. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll. scientific-works of Intern. Research Practice Conf. “Topical issues of development of agrarian science in Ukraine”. Nizhin, 2019. Pp. 84–91.

8. Болтянський О.В. Використання різних критеріїв при визначенні кількості запасних частин. Праці ТДАТА. Вип. 36. 2006. С. 3-7.

9. Boltyansky B., Boltyansky O. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.

10. Boltyanskaya N.I. The creation of optimal microclimate parameters in the conditions of growing shortage of energy in the pig industry. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK*. Kiev. 2016. Vol. 254. 284-296.

11. Boltyanskaya N.I. Indicators of an estimation of efficiency of application of resourcesbutGauci technologies in animal husbandry. *Bulletin of Sumy national agrarian University. A series of «Mechanization and automation of production processes»*. 2016. Vol. 10/3 (31). 118-121.

12. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 621.313

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ МОЛОЧНО-ТОВАРНОГО КОМПЛЕКСА**

Збродыга В.М., к.т.н., доцент,

Зеленькевич А.И., ст. преподаватель,

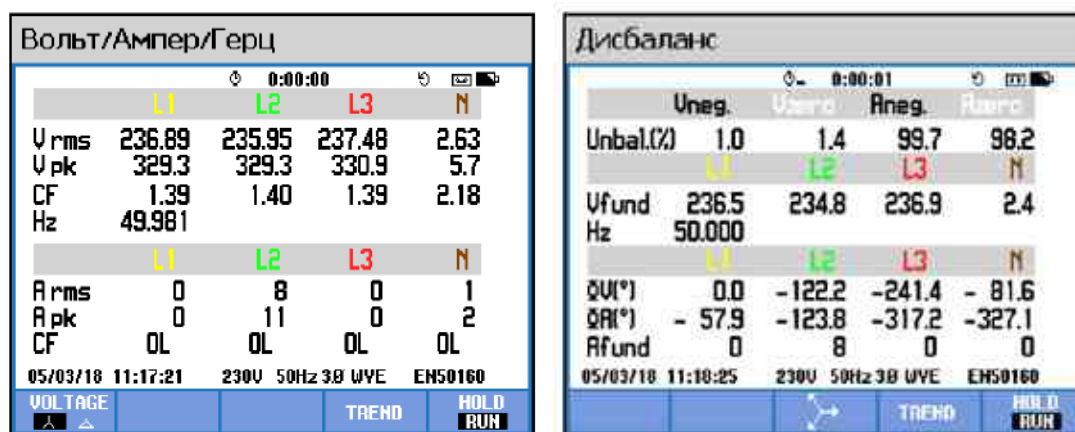
Ершов В.В., студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь.*

Из-за несимметрии напряжения снижается производительность и срок службы силового электрооборудования, электротехнологических установок и осветительных установок, нарушаются режимы работы систем управления технологическими процессами.

Исследования уровня несимметрии напряжений по ГОСТ 32144-2013 [1] проводились при выполнении научно-исследовательской работы в электрических сетях 0,4 кВ молочно-товарного комплекса «ТП 648 н.п. Дещенка» ПРУП «Экспериментальная база имени Г.И. Котовского».

Измерения электрических параметров выполнялись с использованием цифрового трехфазного анализатора «Fluke 435».

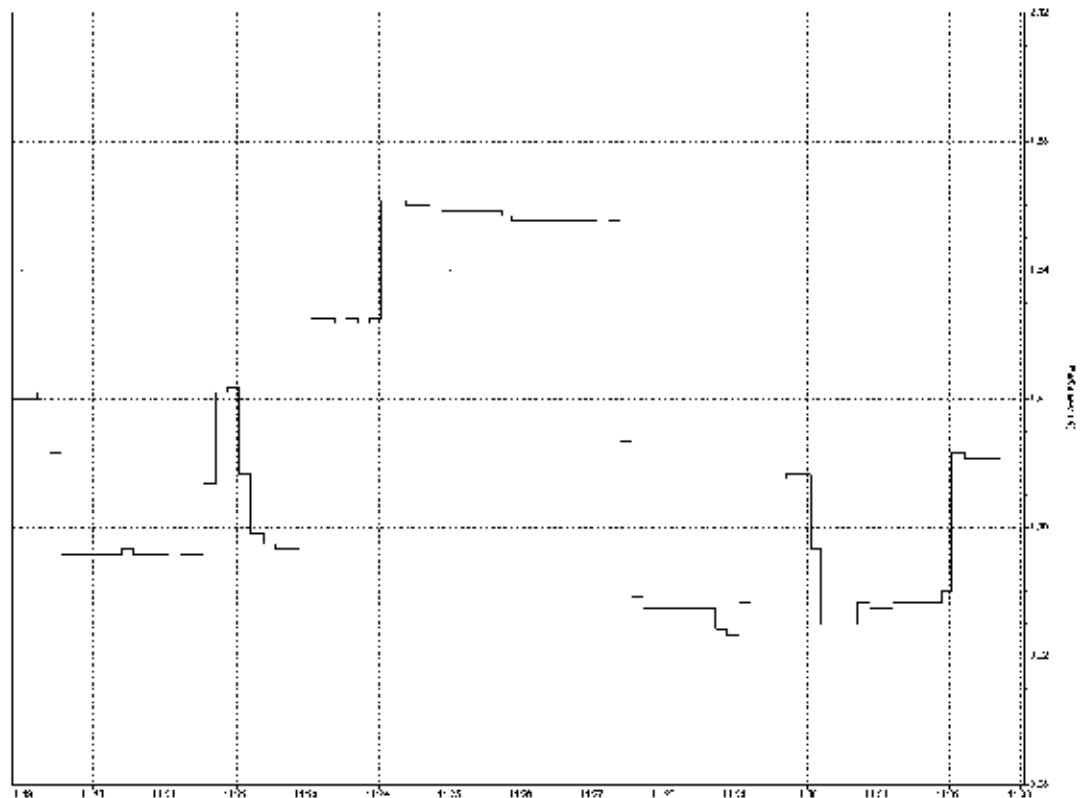


**Рис. 1. Результаты измерений мгновенного значения небаланса напряжений и токов на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 1)»**





**Рис. 2. Графік изменения коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 1)»**



**Рис. 3. Графік изменения коэффициента несимметрии напряжения по нулевой последовательности на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 1)»**

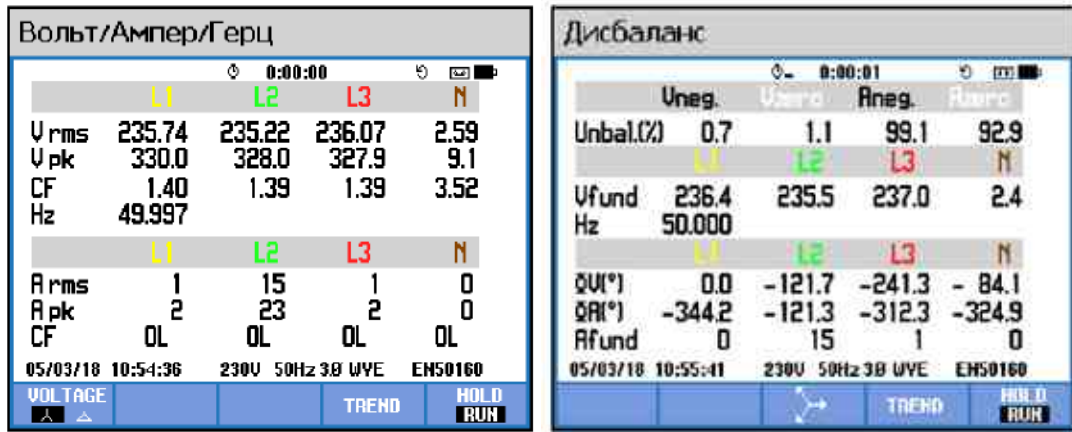
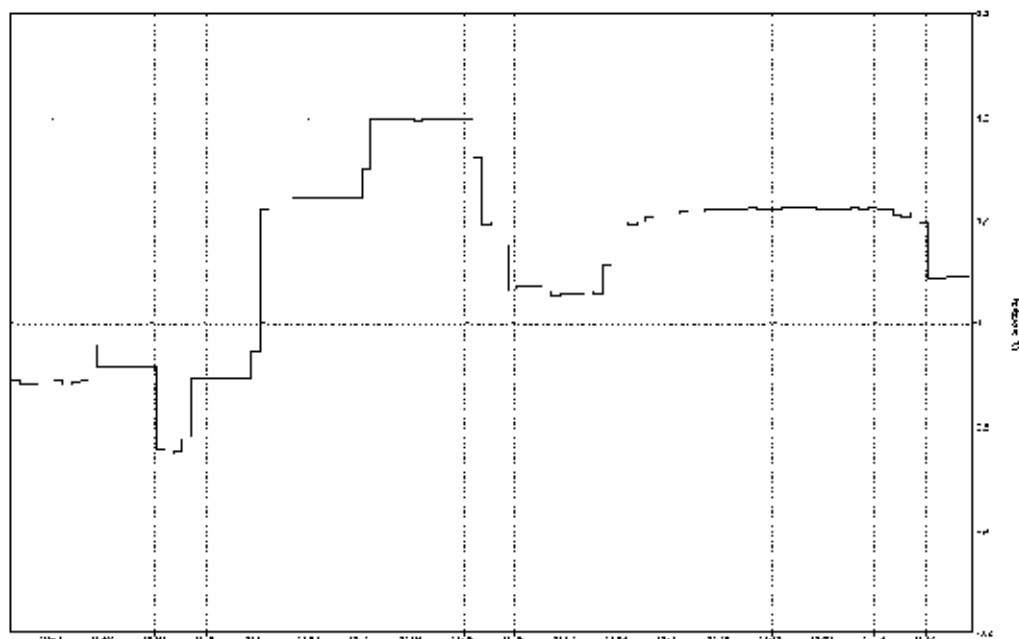


Рис. 4. Результати вимірювань миттєвого значення небаланса напруг і струмів на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплексу (ввод 2)»



Рис. 5. Графік зміни рівня коефіцієнта несиметрії напруги по зворотній послідовності на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплексу (ввод 2)»



**Рис. 6. Графік изменения коэффициента несимметрии напряжения по нулевой последовательности на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 2)»**

*Таблиця. 1*

**Значения коэффициентов несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательностям**

Наименование ввода	Коэффициент несимметрии напряжения	Значение
ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод1)»	по обратной последовательности, %	1,22
	по нулевой последовательности, %	1,77
ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод2)»	по обратной последовательности, %	1,28
	по нулевой последовательности, %	1,79

**Вывод.** Коэффициенты несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательности на обследуемом объекте ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса» не превышают допустимые стандартом значения и не требуется внедрения организационных и технических мероприятий по симметрированию нагрузки.

**Список литературы**

1. ГОСТ 32144-2013 (EN 50160:2010, NEQ). Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Взамен ГОСТ 13109-97; введ. 01.02.2016. Минск: Госстандарт, Минск: БелГИСС, 2015. III, 16 с.: ил., табл. (Государственный стандарт Республики Беларусь).

УДК 619:615.3:618.1

## АНАЛІЗ ПРИЧИН ЗАХВОРЮВАННЯ КОРІВ НА СУБКЛІНІЧНИЙ МАСТИТ

Болтянська Н.І., к.т.н.,

Дерега С.В., ст. викладач,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Виникає мастит як результат впливу на організм тварини і безпосередньо на молочну залозу несприятливих чинників довкілля, а саме: охолодження, поранень, порушення стереотипу доїння, гіподинамії, мікробів, інтоксикації, порушення правил доїння та експлуатації доїльних апаратів. Мастит виникає у корів різної продуктивності і завдає значних економічних збитків виробникам молока за рахунок його недоотримання і зниження якості, передчасного вибракування корів, захворюваності новонароджених телят, значних витрат на лікування та ставить цю проблему в ряд найважливіших завдань сучасної науки [1,2]. Велика кількість молока втрачається через субклінічний мастит, оскільки:

- переважна більшість випадків маститу є субклінічною (в середньому, на кожен клінічний випадок доводиться від 20 до 40 субклінічних);
- спад продуктивності через субклінічний мастит має тенденцію тривати впродовж тривалого часу і тим самим знижує надій від хворих корів та є чинником втрат матеріальних ресурсів (рис. 1).

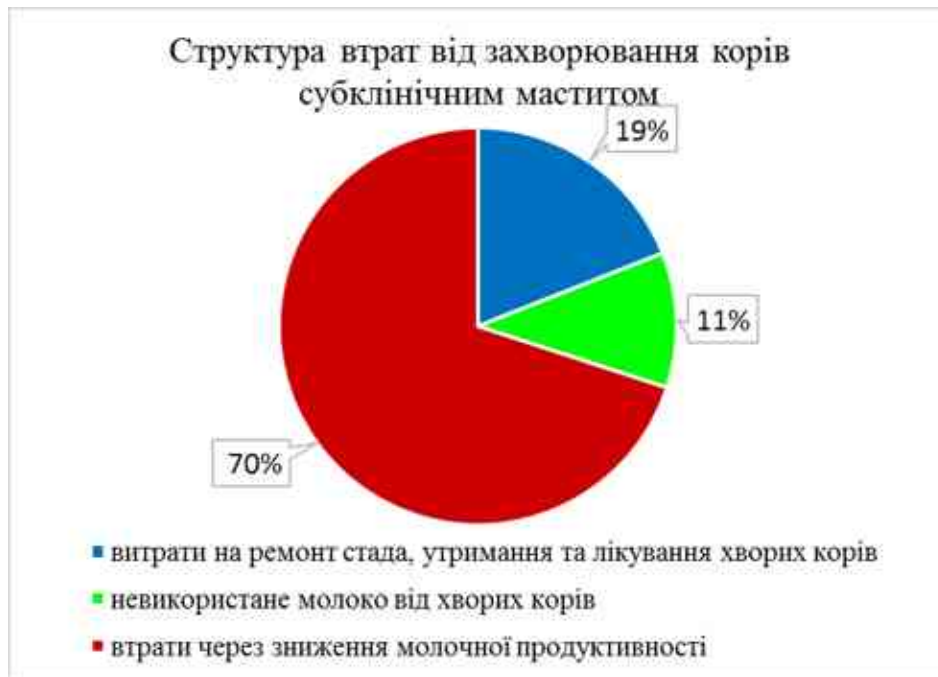
Так, в структурі витрат від захворювання корів субклінічним маститом витрати на ремонт стада, утримання та лікування хворих корів становлять 19 %, невикористане молоко від хворих корів –11 % та втрати через зниження молочної продуктивності – 70 % [3-5].

Контроль за субклінічним маститом важливіший, ніж просто лікування клінічних випадків, оскільки:

- корови, що хворіють на субклінічний мастит, є носіями мікроорганізмів, що призводять до зараження інших корів;
- більшість клінічних випадків розпочинаються з субклінічного захворювання, тому боротьба з субклінічним маститом є кращим способом зменшити кількість клінічних випадків.

Зміни у складі молока (зменшення вмісту кальцію, фосфору, білку, жиру і зростання вмісту натрію і хлорину) погіршують його якість. До того ж, антибіотики, які використовуються при лікуванні маститу, є шкідливими для процесу переробки молока і для здоров'я споживачів.

Захворювання на мастит розпочинається, коли мікроорганізми проникають до стічного каналу і розмножуються в молочній залозі.



**Рис. 1. Структура витрат від захворювання корів субклінічним маститом**

Сама дійка є першою лінією оборони організму проти бактерій у вимені. Зазвичай м'язи сфінктера щільно закривають протоку дійки, коли корова не доїться. Проникнення бактерій в дійку найчастіше відбувається під час доїння. Мікроорганізми, що знаходяться в молоці або на поверхні дійки, проштовхуються в її порожнину, якщо існує небажане проникнення повітря в доїльний вузол (зісковзування або підсос повітря апаратом чи зняття доїльного стакану до того, як буде відключений вакуум). Після доїння проток дійки залишається розширеним впродовж однієї-двох годин, але протока пошкодженої дійки може залишатися частково відкритою постійно. Мікроорганізми з довкілля (гній, підстилка тощо) або шкіри та кінчиків дійок можуть легко проникнути в повністю або частково відкриту протоку [6-9].

У сучасних умовах ведення молочного скотарства однією з головних причин цього захворювання є неправильна експлуатація доїльних машин, що призводить до подразнення молочної залози.

Цхвітав О. К. встановив взаємозв'язок зміни вакууму з частотою виникнення нових випадків маститу. При цьому мікроорганізми легко проникають в дійковий канал. Найчастіше це відбувається як результат несправності обладнання: зміни швидкості повітряного потоку в вакуумі, ступеня вакууму, скручування шлангів [10-12].

Крім рівня вакууму в системі та режимі доїння особливе значення має якість дійкової гуми. Знос гуми відбувається як результат негативного впливу на неї молочного жиру, води, мийних засобів, сонячного світла, зміни температури. Дійкова гума в процесі експлуатації втрачає еластичність, в ній з'являються мікротріщини, які травмують дійку як



наждачний папір. Больові відчуття (особливо в зоні її кінчика, де рецепторів на одиницю площі приблизно в 10 разів більше, ніж у основи) гальмують процес молоковиведення, збільшуючи при цьому час доїння. Стресові ситуації під час доїння призводять до гальмування дії окситоцину іншими гормонами, які виділяються організмом тварини у відповідь на больові відчуття. Окремі дослідники попереджають, що при використанні зношеної дійкової гуми втрачається до 5% надою. Як результат відбувається неповне видоювання корови і втрата до 12% жирності молока, так як альвеолярне молоко є самим жирним.

В процесі машинного доїння головка дійки розбухає на 30...40% і повертається в нормальний стан лише протягом півгодини. «Холосте» доїння видно відразу по зайвому розбуханню дійки. Досить набряклі головки дійок довго повертаються в нормальний стан. У цей час бактеріям легко потрапити до дійкового каналу і через нього – всередину вимені.

Значний вплив на розвиток маститу в тварин здійснює недотримання вимог переддоїльної підготовки до машинного доїння, яке знижує молочну продуктивність на 27%, інтенсивність доїння на 16...40%. Збільшення тривалості «холостого» доїння корів підвищує ризик виникнення маститу до 20%, так як відбувається пошкодження тканин молочної залози. Неповне видоювання молока призводить до передчасного самозапуску тварини і знижує резистентність молочної залози до захворювання на мастит.

В процесі контролю за різними видами інфекції важливо враховувати джерела і шляхи поширення захворювання. Мікроорганізми, що викликають мастит, знаходяться в різних середовищах (гній, підстилка, шкіра тварини тощо). Загальна доглянутість корів і чистота приміщень, разом із ретельним наслідуванням процедур утримання – особливо при доїнні – є ефективним засобом контролю за поширенням маститу.

Вирішення проблем, пов'язаних з маститом в стаді, попередження нових інфекцій дає набагато більший ефект, ніж спроби лікування клінічних випадків. Навіть якщо період виникнення нових інфекцій зменшений, існуючі випадки інфекції, що проходять лікування, можуть бутивилікувані тільки з обмеженим успіхом.

Присутність в молоці певного рівня соматичних клітин цілком природно. Однак підвищена їх кількість свідчить про проблеми в дійному стаді. Якщо вим'я корів не інфіковано, то в молоці виявляються, в основному, дві перші групи клітин. При інфекційному маститі стрімко зростає кількість лейкоцитів. Отже, концентрація соматичних клітин безпосередньо залежить від стану молочної залози корів.

Відповідно до норм європейських стандартів допускається вміст соматичних клітин не більше 250 тис. в 1 см<sup>3</sup>, а згідно останнього вітчизняного стандарту – 500 тис. в 1 см<sup>3</sup>. Число менше 250 тис. в 1 см<sup>3</sup> говорить про здорове вим'я корови та про відсутність інфекцій.

Існує чітка залежність продуктивності корови від кількості соматичних клітин у молоці. Надої розпочинають знижуватись при порівняно невисокому рівні соматичних клітин і продовжують падати з ростом їх числа. При збільшенні соматичних клітин в два рази за 305 діб лактації втрачається 181 кг молока.

Більше 98% соматичних клітин, що знаходяться в молоці, є білими кров'яними тільцями, що потрапляють в молоко як результат реакції організму на вторгнення бактерій у вим'я. Коли молоко від усіх корів в стаді змішується, як наприклад в накопичувальній цистерні, число соматичних клітин в загальному зразку є хорошим індикатором поширеності маститу в стаді. Число соматичних клітин, що перевищує 200000 клітин/мл, вказує на наявність субклінічного маститу. Показник нижче 400000 клітин/мл є типовим для стад з належним утриманням корів, але з відсутністю спеціальних зусиль боротьби з маститом. У стад з ефективною програмою боротьби з маститом цей показник стійко знаходиться нижче 100000 клітин/мл.

Для порівняння, число соматичних клітин, що перевищує 500000 клітин/мл, вказує на те, що одна третина усіх молочних залоз корів у стаді заражена, і втрати молока в наслідок субклінічного маститу становлять щонайменше 10 %.

Число соматичних клітин в загальному зразку не дає змоги виявити тип інфекції, а також ідентифікувати заражених корів. Проте, воно є хорошим інструментом для спостереження за поширеністю маститу в стаді впродовж певних інтервалів часу (по місяцях або по роках).

Для запобігання виникненню маститу дійки тварини мають бути вимиті і обсушені перед доїнням. Якщо молоко профільтроване, то присутність часток (осідання) у фільтрі вказує на недостатньо ретельне чищення дійки під час підготовки вимені або на погане дотримання гігієни при під'єднанні й знятті доїльного апарату.

Частота виникнення нових випадків інфекції може зменшитися більш ніж на 50%, якщо використовується відповідний дезінфікуючий засіб для повного занурення або обприскування дійок.

Діагностика субклінічних маститів в цей час полягає в зміні числа соматичних клітин в секреті вимені, які по суті представляють собою клітини тіла тварини: епітеліальні, макрофаги і нейтрофіли.

Боротьба з маститом – одна з найсерйозніших проблем в молочному скотарстві. Закордонні вчені впроваджують ефективну систему раннього виявлення захворювання вимені. При цьому використовують «принцип світлофора», який свідчить про наявність соматичних клітин (менше 200000 клітин) на ранній стадії розвитку захворювання. З їх точки зору, лікувати корів, хворих на мастит, вигідно, але легше запобігти захворюванню.

**Список використаних джерел**

1. Болтянська Н.І. Наслідки неправильної переддоїльної стимуляції вимені високопродуктивних корів. Мат VI-ї Наук.-техн. конф. «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». Глеваха, 2018. С. 11-13.
2. Болтянська Н.І. Залежність якісних і кількісних показників молока від якості механічної стимуляції вимені. ТЕЗИ II Міжнародної наук.-практ. конф. «Сучасні технології аграрного виробництва». Київ: НУБіП України, 2016. С. 109-110.
3. Болтянська Н.І. Оптимізація параметрів стимулюючих дій при виконанні підготовчих операцій доїння. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.5. С. 47-51.
4. Болтянська Н.І. Теоретична оцінка економічної ефективності виробництва молока. Мат. II-ї Наук.-техн. конф. «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». Глеваха, 2013. С. 7-10.
5. Болтянська Н.І. Обґрунтування технологічних параметрів механічного стимулювання (масажу) вимені високопродуктивних корів. Праці ТДАТУ. 2012. Вип.2. Т.5. С. 23-30.
6. Boltyanska N. I. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.
7. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249–258.
8. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll scientific-works of Intern. Research Practice Conf. «Topical issues of development of agrarian science in Ukraine». Nizhin, 2019. Pp. 84–91.
9. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. TDAU Scientific Bulletin. 2018. Issue 8. Vol. 2. Pp. 44–56.
10. Болтянська Н.І. Наслідки неправильної переддоїльної стимуляції вимені високопродуктивних корів. Мат. VI-ї наук. -техн. конф. «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». Глеваха, 2018. С. 11-13
11. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production». 2019. Uman. 18-20.
12. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 664.762:633.112.6

## ВИХІД КРУПИ ПОДРІБНЕНОЇ ІЗ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПОЛБИ ЗАЛЕЖНО ВІД СТУПЕНЯ ЙОГО ЛУЩІННЯ

Лещенко І. А., аспірант

Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна

**Постановка проблеми.** Споживні властивості круп та їхній біохімічний склад визначаються, передусім зерновою культурою, з якої вони одержані [1]. Однак технологія перероблення зерна має значний вплив на біохімічний склад крупи та на кулінарну якість готової продукції. Зазвичай, зерно піддають процесу луценню. В процесі цього відокремлюються плоді, насінні оболонки та частково зародок від ендосперму. Основна мета процесу луцення покращення кулінарних властивостей, про що є немало досліджень [2, 3]. Проте відомо, що в частинах зернівки які видаляються зосереджена основна кількість мінеральних речовин, клітковини, а також ліпідів, вітамінів і водорозчинних білків.

Цільнозернові крупи містять значку кількість харчових волокон та біоактивних пептидів. Вони своєю чергу мають антиоксидантні та протиракові ефекти [4]. В скандинавських країнах рекомендована норма вживання цільнозернових продуктів становить 75 г на 2400 ккал [5]. Тому, цільнозернові продукти є фундаментальним компонентом правильного харчування людини.

Для надання доброї кулінарної якості цільнозернових круп проводять додаткові технологічні операції термічна обробка, плющення і подрібнення зерна. Альтернативою може слугувати використання певних видів або сортів, які забезпечують високу кулінарну якість без проведення зайвих операцій. В цій ролі може виступати пшениця полба (*Triticum dicocum*). Цей вид пшениці відрізняється від пшениці м'якої та твердої за біохімічним складом і кращими кулінарними властивостями. Відомо [6], що під час розжовування каші із пшениці полби оболонки не створюють дискомфортних відчуттів. Також вони неістотно впливають на тривалість приготування та загальну кулінарну якість. Це породжує можливість і перспективність виробництва цільнозернових круп із пшениці полби.

В Україні значну роботу над створенням високопродуктивних сортів пшениці полби проводить Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України [7, 8]. Результатом міжвидових схрещувань за участі двох зразків полби ярої та сорту пшениці твердої ярої є створення пшениці полби сорт Голіковська. Цей сорт занесений до «Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні» у 2015 р.

Відмічається, що за зовнішнім виглядом сорт пшениці полби Голіковська – ближчий до пшениці твердої, хоча за смаковими якостями крупи наближається до класичної полби [8].

Метою дослідження було вивчення змін виходу крупи подрібненої із пшениці полби залежно від різної тривалості лушення зерна.

**Основні матеріали дослідження.** Для експерименту використано зерно пшениці полби звичайної сорт Голіковська і лінія LP1152 (отримана гібридизацією *Triticum dicoccum* L./*Triticum durum* Dest.).

Подрібнену крупу утримували на універсальній крупорушці УКР-2. Відповідно до «Правил організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах» [9] передбачено виробництво круп із зерна пшениці м'якої подрібнених і шліфованих № 1, 2 і 3. Аналогічно до цих назв, продукти, що отримані нами під час перероблення зерна пшениці полби рекомендовано називати крупи з пшениці полби подрібненні № 1, 2 і 3. Характеристика подрібнених круп з пшениці полби наведено в табл. 1.

Таблиця 1

#### Класифікація подрібнених круп з пшениці полби за крупністю

Номер крупи	Діаметр отворів двох суміжних пробивних сит, мм		Норма проходу та сходу двох суміжних сит (%), не менше
	прохід	схід	
№ 1	3,2	2,8	70
№ 2	2,8	2,2	70
№ 3	2,2	0,63	70
Мучка	0,63		

Подрібнювали цільне і лушене зерно. Лушення зерна проводили за допомоги лабораторного лушильника УШЗ-1 протягом 40, 80, 120, 160 с. Продукти лушення сепарували на лабораторному розсіві РЛУ-1 відділяючи кормову мучку (сито № 0,63). Незалежно від сорту/лінії індекс лушення становив відповідно 3,0; 6,0; 9,0 і 11,0 %.

У результаті виробництва подрібненої крупи були механічні втрати та одержані побічні продукти – мучка кормова та відходи I і II категорії. Кулінарне оцінювання проводили згідно з патентом № 104152 «Спосіб кулінарної оцінки круп'яних продуктів із зерна трикале і пшениці».

Дослідження мали чотири аналітичні повторення. Результати аналітичних повторювань обробляли методами описової статистики за допомогою платформ Microsoft Excel 2010 та STATISTICA 12. Якість експерименту оцінювали значенням коефіцієнта варіації вибірок (V),



що формували із даних аналітичних повторювань. Експеримент вважали достовірним за неістотного варіювання даних аналітичних повторювань.

**Результати дослідження.** За допомогою дисперсійного аналізу встановлено достовірний істотний вплив сортових особливостей та проведення луцення зерна на вихід подрібнених круп.

Вихід крупи № 1 при використанні цільного зерна становив  $7,5 \pm 0,3$  %. Застосування луцення зерна зумовлювало зменшення виходу цієї крупи від 6,6 до 3,5 %. Тенденція виходу крупи № 2 була подібною крупі № 1. За індексу луцення зерна 11 % вихід подрібненої крупи 2 сорту становив 40,5 %, що на 17 % менше у порівнянні з використанням цільного зерна. Зменшення виходу крупи подрібненої (№ 1 і 2) відбувається внаслідок підвищенням виходу крупи № 3 і мучки. За використання цільного зерна вихід крупи № 3 становив 21,1 %. За використанням зерна з індексом луцення 11 % вихід даної крупи становив 34 %. Вихід мучки змінювався аналогічно крупі № 3. Так найменшу кількість мучки 16,0 % одержано при використанні цільного зерна, а найбільший (18,0 %) за індексу луцення 11 %.

При використанні цільного зерна пшениці полби лінії LP1152 вихід крупи № 1 становив  $9,3 \pm 0,3$  %. Застосування луцення зерна зумовлює зменшення вихід цієї крупи від 9,0 до 6,0 %. Найменший вихід подрібненої крупи № 2 (50,4 %) був при використанні зерна з індексом луцення 11 %, що на 8 % менше у порівнянні з використанням цільного зерна. Зниження виходу подрібнених круп (№ 1 і 2) супроводжується з підвищення виходу крупи № 3 і мучки. Вихід крупи № 3 при використанні цільного зерна становив 22,2 %. Луцення зерна збільшувало вихід цієї крупи до 27,2 %.

Тенденція зміни виходу круп подрібнених для сорту Голіковська і лінії LP1152 була схожою. Проте виявлена різна сила впливу чинників. Найбільш істотного впливу мало проведення луцення. Зменшення вмісту оболонки підвищило ламкість ендосперму. Як наслідок збільшується вихід крупи № 3 і мучки, а вихід круп № 1 і № 2 зменшується. Слід зазначити, що вихід круп № 1 і 2 був більший за використання пшениці полби лінії LP 1152 в порівнянні із сортом Голіковська. Це свідчить про сортові особливості. Оскільки зерно пшениці полби лінії LP1152 було крупніше і мало вищий вміст білка сила впливу процесу луцення зерна була менша у порівнянні з сортом Голіковська. За виготовлення крупи подрібненої не встановлено істотного зв'язку між механічними втратами, відходами I і II категорії, застосуванням луцення зерна та сортовими особливостями.

**Висновки.** Таким чином встановлено, що використання процесу луцення зерна пшениці полби неістотно впливає (на 2–3 %) на загальний вихід круп подрібнених. Проте, звільнення зерна від оболонки сприяє підвищення його ламкості. Внаслідок чого зменшується вихід

круп подрібнених № 1 і 2. Загальний вихід круп компенсується збільшенням виходу крупи № 3.

### *Список використаних джерел*

1. Morris C. F. Grain Quality Attributes for Cereals Other than Wheat. *Encyclopedia of Food Grains*. 2016. Vol. 3. P. 257–261.

2. Liubych V., Novikov V., Zheliezna V., Prykhodko V., Petrenko V., Khomenko S., ... Moskalets T. Improving the process of hydrothermal treatment and dehulling of different triticale grain fractions in the production of groats. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(11 (105)). 2020. P. 55–65.

3. Дмитрук Є. А., Любич В. В., Новікова, В. В. Вихід крупи плющеної із зерна тритикале залежно від ступеня його лушіння та режиму водно-теплової обробки. *Зернові Продукти і Комбікорми*. 2015. 1(59). С. 23–27.

4. Arcila J. A., Rose D. J. Repeated cooking and freezing of whole wheat flour increases resistant starch with beneficial impacts on in vitro fecal fermentation properties. *J. Funct. Foods*. 2015. Vol. 12. P. 230–236.

5. Frolich W., Aman P., Tetens I. Whole grain foods and health – a Scandinavian perspective. *Food & Nutrition Research*, 57(1). 2013.

6. Osokina N. M., Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. Yield of spelt wheat rolled grits depending on exposure time to microwave EMF (electromagnetic field of high-frequency current) and water treatment. *Collected Works of Uman National University of Horticulture*. 1(96). 2020. P. 52–71.

7. Голік О. В., Звягінцева А. М. Нові сорти пшениці ярої селекції інституту рослинництва імені в. Я. Юр'єва НААН. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2014. 17. С. 247–253.

8. Бабенко, Л. М., Рожков, Р. В., Парій, Я. Ф., Парій, М. Ф., Водка, М. В., Косаківська, І. В. *Triticum dicossum* (Schrank) Schuebl.: походження, біологічна характеристика й перспективи використання в селекції та сільському господарстві. *Вісник Харківського Національного Аграрного Університету. Серія Біологія*. 2 (41). 2017. С. 92-102

9. Крошко Г. Д., Левченко В. І., Назаренко Л. Н. та ін. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. Київ: Віпол, 1998. 163 с.

УДК 631.22.018

## ИССЛЕДОВАНИЯ ГОМОГЕНИЗАТОРА ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОГО НАВОЗА В КАНАЛЕ

Скорб И. И., ст. преподаватель,  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь.*

**Постановка проблемы.** Гомогенизация навоза в каналах гидравлических систем является важной технологической операцией, обеспечивающей полноту уборки навоза из таких каналов и влияющей на микроклимат в животноводческом помещении [1].

При оптимизации конструкции мешалки для гомогенизации жидкого навоза необходимо рассматривать множество факторов. Поэтому для поиска этих параметров используем метод математического планирования эксперимента. Движение к оптимуму возможно, если выбрать один параметр оптимизации, а другие характеристики процесса принять в качестве ограничений [2].

Эффективность технологического процесса характеризуется двумя показателями – энергоемкостью процесса и качеством гомогенизации. Однако координаты экстремумов этих функций обычно не совпадают. Поэтому в качестве целевой функции целесообразно принять качество гомогенизации навоза обеспечивающее его гидротранспортабельность с наименьшими затратами энергии.

**Основные материалы исследования.** С целью обоснования конструктивных и режимных параметров мешалки проведены экспериментальные исследования, программой которых предусматривалось:

- Выявление априорным ранжированием факторов, оказывающих наибольшее влияние на качество гомогенизации навоза.
- Проведение многофакторного эксперимента с использованием центрального композиционного ортогонального плана второго порядка  $2^3$ .
- Обработка полученных экспериментальных данных.
- Построение поверхностей отклика, отображающих зависимость количества сухого вещества в осадке от факторов, установленных в результате априорного ранжирования.

На первом этапе исследований определена область факторного пространства, в котором количество сухого вещества в навозе соответствует влажности 92%, при которой обеспечивается гидротранспортабельность жидкого навоза.

Осуществлен отбор факторов, предположительно наиболее сильно влияющих на качество гомогенизации (таблица 1).

Таблиця 1

**Факторы, влияющие на качество гомогенизации навоза**

Обозначение факторов	Наименование фактора
1. Физико-механические свойства среды	
$x_1$	Влажность
2. Параметры экспериментальной установки	
$x_2$	Частота вращения мешалки
$x_3$	Угол установки лопастей мешалки
$x_4$	Количество лопастей
$x_5$	Диаметр мешалки

На основании поисковых опытов и анализа конструкции мешалки, установлено, что такие факторы, как частота вращения винта  $\omega$  ( $\text{мин}^{-1}$ ), угол установки лопастей  $\alpha$  ( $\text{град}$ ), количество лопастей  $z$  ( $\text{шт}$ ) являются наиболее значимыми и недостаточно изученными. Для проведения многофакторного эксперимента целесообразно использовать центральный композиционный ортогональный план второго порядка  $2^3$ . Уровни варьирования факторов приведены в таблице 2.

Таблиця 2

**Кодирование варьируемых факторов**

Показатель	Варьируемые факторы		
	$\omega$ , частота вращения мешалки, $\text{мин}^{-1}$	$Z$ , число лопастей мешалки, $\text{шт}$	$\alpha$ , угол установки лопастей мешалки, $\text{град}$
Кодовое обозначение факторов	$x_1$	$x_2$	$x_3$
Основные уровни ( $x_i = 0$ )	750	3	25
Интервалы варьирования	250	1	10
Нижние уровни ( $x_i = -1$ )	500	2	15
Верхние уровни ( $x_i = +1$ )	1000	4	35

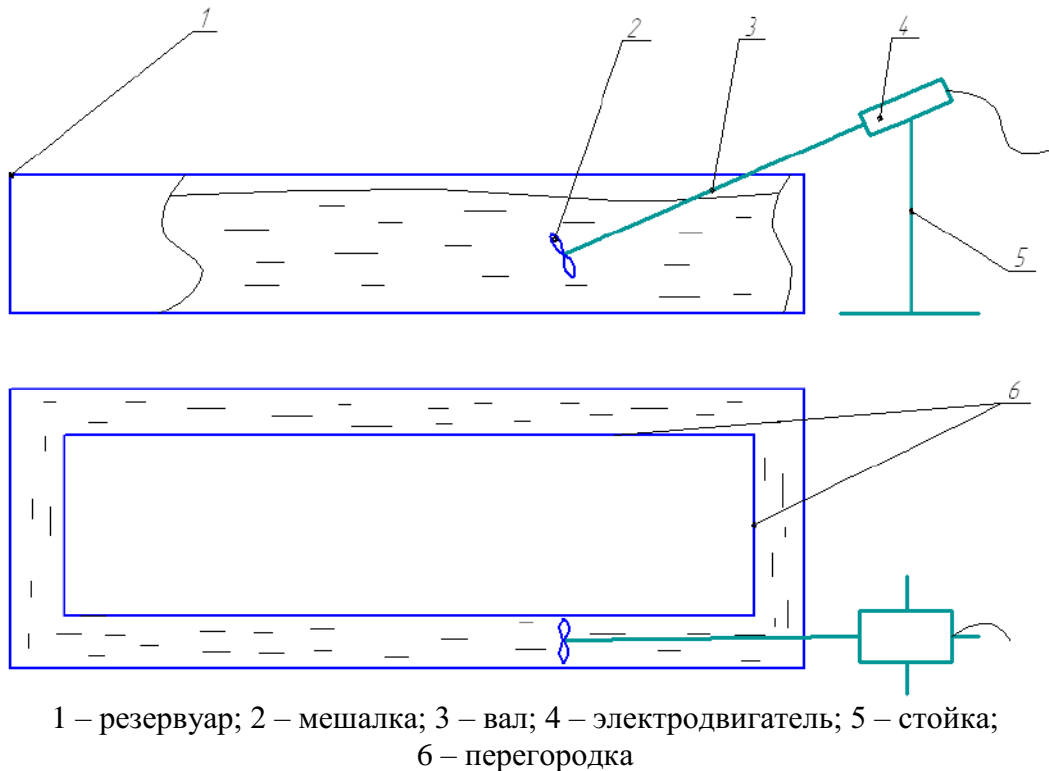
Основой эксперимента является матрица, представленная в таблице 3 и содержащая условия проведения всех опытов в соответствии с намеченным планом.

Таблиця 3

**Построение трехфакторного плана первого порядка**

№ опыта	$x_1$	$x_2$	$x_3$	№ опыта	$x_1$	$x_2$	$x_3$
1	-1	-1	-1	5	-1	-1	+1
2	+1	-1	-1	6	+1	-1	+1
3	-1	+1	-1	7	-1	+1	+1
4	+1	+1	-1	8	+1	+1	+1

Экспериментальные исследования выполнялась на специально изготовленной установке (рисунок 1).



1 – резервуар; 2 – мешалка; 3 – вал; 4 – электродвигатель; 5 – стойка;  
6 – перегородка

**Рис. 1. Схема лабораторной модельной установки**

Установка создана с учетом основных законов теории подобия. При сохранении геометрического подобия выдерживалось и гидродинамическое.

Экспериментальная установка состоит из резервуара 1 (размером 2х0,6х0,3м), в котором имеются перегородки 6, стойки 5 на которой крепится электродвигатель 4 с валом 3, на конце которого крепится лопастная мешалка 2. Подставка имеет поворотную верхнюю часть, с помощью которой можно изменять угол наклона вала гомогенизатора в резервуаре. Изготовлено 28 экспериментальных насадок отличающихся количеством лопастей, разным углом их атаки и диаметром.

Для измерения частоты вращения вала использовался электронный бесконтактный тахометр DeLaval VPR100.

Из литературных источников известно, что навоз становится гидротранспортабельным при влажности 92% [2]. Для проведения исследований был изготовлен аналог жидкого навоза, в состав которого входили: вода, торфокрошка и 5% от всей массы силикатного клея. Готовый аналог жидкого навоза загружался в лабораторную установку и выдерживался 48 часов. За это время происходило его расслоение на два слоя: нижний осадочный слой (осадок) и верхний слой (жидкая фракция). Измерения показали, что влажность нижнего осадочного слоя составила 78%, верхнего слоя – 99%. Далее в смесь погружалась мешалка и осуществлялась гомогенизация.



Проведенный анализ конструкций существующих перемешивающих устройств и поисковые исследования показали, что для достижения требуемой равномерности диспергирования в качестве рабочего органа эффективно использовать лопастную мешалку. По сравнению с другими конструкциями мешалок (турбинной, фрезерной и т.д.) лопастная более активно воздействуют на массу и создает наибольший гидравлический напор.

Все дальнейшие опыты по изучению диспергирования и энергоемкости процесса проводились с данным типом рабочего органа.

Таким образом, описанная установка позволяет проводить исследования процесса гомогенизации жидкого навоза.

Для построения и анализа регрессионной модели используем результаты опытов, полученных согласно плану полного трехфакторного эксперимента и композиционного плана (таблица 4).

Таблица 4

#### Результаты экспериментов по линейному плану

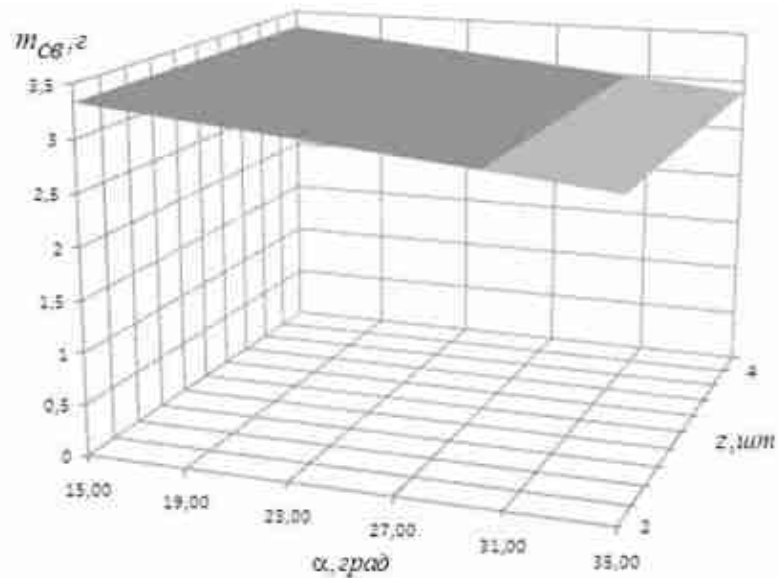
№ опыта	у <sub>1</sub>	у <sub>2</sub>	у <sub>3</sub>	№ опыта	у <sub>1</sub>	у <sub>2</sub>	у <sub>3</sub>
1	3,9	3,5	3,6	5	3,0	3,1	3,3
2	3,1	3,1	3,0	6	2,7	2,9	2,7
3	3,2	3,3	3,2	7	3,4	3,2	3,3
4	3,4	3,6	3,1	8	2,4	2,3	2,4

Обработка результатов экспериментальных исследований проводилась в соответствии с принятыми правилами теории вероятностей и математической статистики и использованием математического пакета MathCad. Статистическая обработка проводится с целью проверки его адекватности экспериментальным данным.

В результате получили уравнение регрессии в раскодированном виде:

$$y = 3,5475 + 0,000156\omega + 0,0091\alpha - 0,0000416\omega\alpha.$$

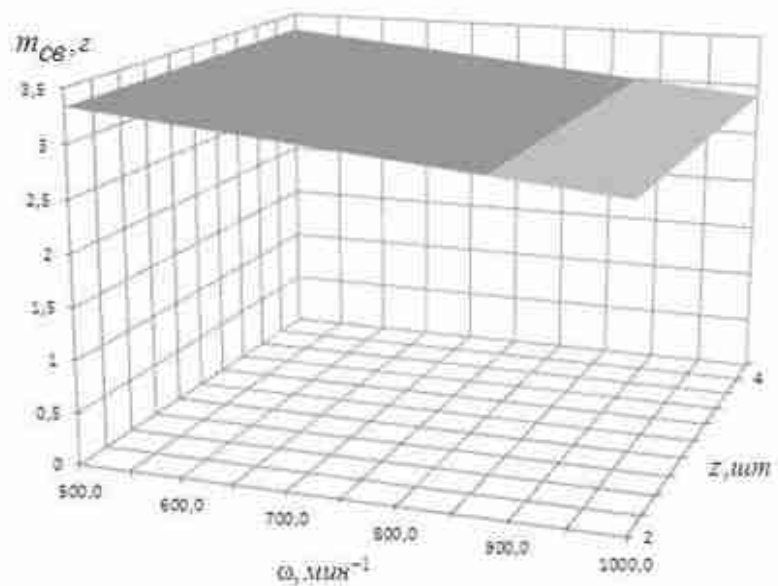
Для анализа полученного уравнения регрессии построены поверхности отклика, представленные на рисунках 2, 3, 4.



**Рис. 2. Зависимость количества сухого вещества в осадке от угла установки лопастей и их количества**

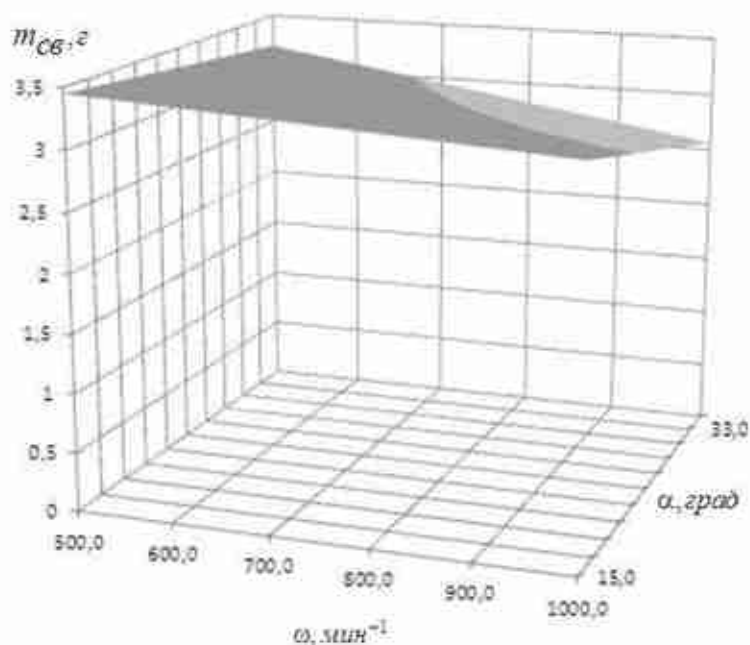
При анализе поверхностей отклика учитываем, что функция отклика  $y$  – количество сухого вещества в осадке  $m_{св}$ , должна соответствовать гидротранспортабельности осадка жидкого навоза, а именно, количество сухого вещества в осадке должно соответствовать влажности осадка 92%. Опытным путем было установлено, что при влажности осадка 92% масса сухого вещества в пробе составляла не более 2,4 грамма.

Из графика на рисунке 2 видно, что значение параметра  $y$  соответствует гидротранспортабельности при угле установки лопастей  $\alpha$ , находящегося в пределах 33–35 градусов и практически не зависит от количества лопастей  $z$ .



**Рис. 3. Зависимость количества сухого вещества в осадке от частоты вращения мешалки гомогенизатора и количества лопастей на нем**

Анализ графика на рисунке 3 показал, что значение параметра у соответствует гидротранспортабельности навоза при частоте вращения рабочего органа мешалки  $\omega$ , находящейся в пределах 950 – 1000  $\text{мин}^{-1}$  и практически не зависит от количества лопастей  $z$ .



**Рис. 4. Зависимость количества сухого вещества в осадке от частоты вращения мешалки гомогенизатора и угла установки лопастей**

В результате анализа графика на рисунке 4 было установлено, что значение параметра у обеспечивает гидротранспортабельность навоза при частоте вращения рабочего органа мешалки  $\omega$ , находящейся в пределах 950–1000  $\text{мин}^{-1}$  и угле установки лопастей  $\alpha$ , находящегося в пределах 33 – 35 *градусов*.

**Выводы.** Полученные зависимости (рисунки 2 – 4) позволяют определить рациональные значения факторов для достижения гидротранспортабельности жидкого навоза в каналах гидравлических систем уборки навоза. Частота вращения рабочего органа мешалки должна находиться в пределах 950–1000  $\text{мин}^{-1}$ , угол установки лопастей – 33 – 35 *градусов*, количество лопастей существенного влияния не оказывает.

#### **Список литературы**

1. Семенов, М.Я. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения: / Пер. с нем. под ред. М. Я. Семенова. М.: Колос, 1978. 271 с.
2. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. –Л.: Колос, 1980.–168 с.

УДК 621.331

## ON THE ISSUE OF INCREASING THE COMPLETENESS OF FEEDING HIGHLY PRODUCTIVE COWS

Boltianska N.<sup>1</sup>, c.t.s.

Dr hab. inż Izdebski W.<sup>2</sup>, prof.

<sup>1</sup>*Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university, Melitopol, Ukraine*

<sup>2</sup>*Wydział Zarządzania Politechnika Warszawska, Warsaw, Poland*

Further progress in animal husbandry is possible only with full feeding of animals, when the diet has enough energy, protein, vitamins and minerals [1,2]. Currently, the protein deficiency in the diets of cattle is 25–30%. This reduces the efficiency of feed use, increases their cost per unit of output, and reduces the resistance of animals to disease and the profitability of animal husbandry. In most farms, feed consumption per 1 quintal of live weight gain of cattle is 14.5 quintals of energy feed units, milk – 1,3 quintals, which is 1.5–2.0 times higher than the normative ones [3,4].

In recent years, in our country and abroad, close attention has been paid to the issue of protein nutrition of ruminants. Along with developing ways to increase feed efficiency, increasing the production of high quality protein feeds is no less important. Studies have shown that solving the problems of animal nutrition is impossible without sufficient knowledge of the processes of decomposition of feed protein and the synthesis of microbial protein in the rumen. Particular importance is attached to this in the development of scientifically sound feeding of highly productive animals. The need of low-yielding animals in protein can be met by the synthesis of microbial protein in the rumen, and the qualitative composition of feed protein does not play a special role. The need for highly productive animals is met by both microbial protein and high-quality feed protein that is not broken down in the rumen [5-7]. Protein deficiency in feeding can be eliminated by expanding legume crops to grain, perennial and annual legume–cereal mixtures. It is possible to balance the diet of protein and amino acids for ruminants in the case when legumes will be at least 13 – 15% of the total structure of feed, and now they are about 5%. Legumes have a high content of crude protein, which is well soluble in water and salt solution. Compared to cereals, legumes contain 2–3 times more protein and 3–5 times more lysine. Lupine in the feeding of cattle in the non–chernozem zone is an important source of protein. The protein content in the seeds of narrow–leaved lupine ranges from 29 to 38%, white lupine – from 29 to 40% and yellow lupine – from 38 to 46% [8].

In its quality, lupine protein, in accordance with accepted International Standards, is equivalent to the feed and food industry soy protein. The coef-

efficient of digestibility of lupine is 80–89%, soybean – 76–84%, and the coefficient of biological value of lupine – 67–78% and soybean 64–80% (fluctuations taking into account varietal characteristics).

The amino acid composition of lupine protein contains the largest amount of glutamic (15–26%) and aspartic acids (7–13%), the limiting ones are tryptophan and methionine (0,6–1,3%). The amount of essential amino acids ranges on average from 35 to 50% of the protein of lupine seeds. The largest number of essential amino acids is accounted for by arginine (8–12%) and leucine + isoleucine (9–12%). The content of lysine in the protein of yellow and narrow-leaved lupine seeds is in the range of 4–7%, and in some years reaches 7–9%. The amount of fat in white lupine seeds is from 6 to 12,0%, yellow and narrow-leaved – 4,5–6% of fat. Lupine fat consists mainly of unsaturated fatty acids. Linoleic and oleic acids account for 50–60 and 20–30% (respectively) of the total amount of acids in yellow lupine seeds. White lupine contains 55% oleic acid, and narrow-leaved – 34–43%. Compared to cereals, lupine grain accumulates more calcium, phosphorus, potassium and magnesium, and trace elements – manganese, zinc, copper, molybdenum and cobalt. The main anti-nutrients contained in legumes and have an adverse effect on animals are protease inhibitors, hemagglutinins, tannins, glycosites and alkaloids. Alkaloids are toxic substances and in high concentrations are dangerous to animals. These are active heterocyclic bases containing nitrogen, they belong to the group of pyridine derivatives. In the seeds of narrow-leaved lupine, 57% of alkaloids are lupine, 26% – hydroxylupanine, 16% lupine and undetected sparteine. White lupine grain contains 47% of lupine, 42% of hydroxylupin, 10% of sparteine, and no lupine.

When using lupine grain in animal feed, it is necessary to take into account not only the total content of alkaloids, but also the absolute amount of each of them. According to the level of alkaloids in seeds, they are classified according to the following scale: very low <0,025%, low 0,025 – 0,099%, medium 0,100–0,399%, high 0,400–1,00%, very high > 1,00%. Lupine, containing in its seeds less than 0,01% of alkaloids, are sweet, from 0,01 to 0,025% – to non-alkaloids, from 0,025 to 0,1% – feed, from 0.3 to 1,0% – bitter and more than 1,0% – alkaloid. The level of alkaloids in seeds up to 0.06% is considered safe. For forage purposes sow only non-alkaloid and low-alkaloid, and in the seed should not be more than 5% of alkaloid seeds. In the diet of cattle, the amount of alkaloids that comes with feed should not exceed 0,2–0,4 g per 100 kg of live weight. The toxic dose of alkaloids for these animals is 20 milligrams per 1 kg of body weight, and lethal – 30 milligrams / kg. Lupine alkaloids are partially destroyed under the influence of high temperatures. Treatment of lupine seeds at 60°C for 60 minutes leads to a decrease in alkaloids by 4,5%; at 100°C for 10, 30 and 60 minutes reduces the content of alkaloids by 9 – 13,4 and 21,4%, respectively. Increasing the processing temperature to 150°C at an exposure of 10 minutes can reduce the content of alkaloids by 29,5%. A further increase in exposure to



30 and 60 minutes leads to a decrease in the content of alkaloids by 30.3 and 34,0%. Removal of alkaloids from lupine seeds is achieved by soaking it in cold or warm water, followed by steaming for 1 hour and washing in water. Legume protein is well soluble, which reduces the efficiency of its use by ruminants. During heat treatment, the solubility of peas for ruminants is reduced from 89 to 20% (at 140°C). Extrusion reduces the solubility of lupine protein from 87 to 30%. Modern varieties of fodder lupine, even in unfavorable climatic conditions, contain less than 0,1% of alkaloids and can be used without pre-treatment in the amount necessary to balance the diets of farm animals for protein. Studies have shown that the replacement of 25% of the concentrate part of the diet of first-calves with natural bran of narrow-leaved lupine allowed to increase hopes from 16,5 to 17,7 kg, milk fat – from 3,51 to 3,92%, protein content – from 3,07 to 3,10%. Heat treatment of derti lupine (extrusion) contributed to a further increase in milk yield to 18,6 kg, protein content in milk up to 3,13%. At the same time, feed costs per 1 kg of milk decreased from 1,08 to 0.92 and 0,83 hp, and concentrates from 387 to 336 and 305 grams. It is known that in the structure of costs for dairy products feed is 40–45%, and for meat – 55–57%. Therefore, in recent years, the structure of fodder production has changed significantly in the direction of grassland development to meet the needs of animals mainly through fodder from field and meadow crop rotations. Grain concentrates should be an additional source of energy and nutrients.

It is necessary to take into account the biological feature of ruminants, the evolutionary adaptation of their complex stomach to the neutral-alkaline (herbal) type of feeding. Due to microbial fermentation in the rumen, the need of ruminants for energy up to 80%, protein 30–50%, to a large extent macro- and microelements and vitamins is satisfied. The microflora of the rumen digests from 50 to 70% of the crude fiber in the diet. The composition of the rumen microflora of ruminants varies widely depending on the type of food: ciliates – from 200 thousand to 2 million / ml, bacteria – from 100 million to 10 billion / ml. The selection of feed can stimulate the synthesis of microbial protein in the rumen of ruminants.

It is established that as a result of long feeding of a large amount of corn silage in a rumen the quantity of dairy, acetic, etc. increases. organic acids, which change the reaction of what is in the rumen to the acidic side. This leads to a chronic violation of digestive processes, the accumulation in the rumen of underoxidized fermentation products, harmful to animals. Corn silage contains very little soluble carbohydrates, which in the process of its preparation are converted into organic acids. The acidic reaction of the environment in the rumen during feeding with corn silage suppresses the reproduction of the rumen microflora – an important source of protein, macro- and microelements, vitamins.

When using a large amount of corn silage in the feeding of ruminants, there is a double overuse of concentrates, the fattening period is doubled, the

quality of products deteriorates. The genetic potential of animal productivity is half used. The harm of feeding ruminants a large amount of corn silage and concentrates in the absence of sugars in the diet is manifested in the birth of weak, non-viable offspring (from 50 to 90% of young animals suffer from dyspepsia, respiratory diseases), and high fetal mortality.

When feeding large amounts of concentrated grain feed without a sufficient amount of herbal feed in the diet increases the accumulation of acidic products, reduces the body's alkaline reserve, animals have metabolic disorders (mineral, protein, carbohydrate, vitamin) with acidosis, ketosis, hepatosis in cows, gastrointestinal disorders in calves. With the introduction of green mass of clover-thymophytic, alfalfa-oyster, age-oat grass mixtures, as well as clover and alfalfa instead of 50% concentrates, there is an increase in the number of bacteria – 6 times, ciliates – 3–4 times and daily live weight gain up to 1000–1200 rubles. Herbal mixtures with a high content of nitrogen, protein, fat stimulate the growth and reproduction of the rumen microflora in comparison with corn silage. Consumption by cows of green mass of grass mixtures, hay, haylage and silage from cereals and legumes promotes intensive reproduction of microorganisms of a rumen, acetic acid type of fermentation and pH of the environment close to neutral (6,6 – 6,9), crude fiber of forages is better digested.

### **References**

1. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production». 2019. Uman. 18–20.
2. Boltyanska N. I. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.
3. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249–258.
4. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll scientific-works of Intern. Research Practice Conf. «Topical issues of development of agrarian science in Ukraine». Nizhin, 2019. Pp. 84–91.
5. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. TDATU Scientific Bulletin. 2018. Issue 8. Vol. 2. Pp. 44–56.
6. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158.
7. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК. 631.311

## ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ В УКРАЇНІ

Клецко І.М., магістр

Мітков В.Б., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми.** Україна має великий потенціал для розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), зокрема біоенергетики, але зараз використання ВДЕ є незначним. Для розвитку відновлюваної енергетики в Україні вирішальне значення має вплив ряду політичних, ринкових і технічних факторів.

Основними факторами, що негативно впливають на можливість широкого застосування ВДЕ є субсидіювання викопних палив та інші цінові перекося. Але завдяки зростанню цін на природний газ та нафтопродукти ВДЕ становляться все більш конкурентоспроможними з економічної точки зору. Швидкість розвитку ВДЕ на енергетичному ринку залежить від можливостей доступу до довгострокового фінансування для впровадження відновлюваних технологій. Перспективи розвитку ВДЕ в Україні сильно залежать від курсу державної політики. За останні роки в Україні було прийнято чимало законів і програм, пов'язаних з розвитком ВДЕ. Якщо Україна ставить собі за мету підвищити рівень енергетичної безпеки за рахунок ВДЕ, необхідно визначити чітку стратегію розвитку цього напрямку і прикласти зусилля для повного втілення цієї стратегії.

Використання альтернативних видів палива забезпечить розв'язання проблеми залежності від потреб нафтових палив та природного газу.

**Аналіз останніх досліджень.** Україна володіє великим запасом нетрадиційних джерел енергії на основі рослинних залишків, а також біологічних відходів тваринництва – це в першу чергу гній великої рогатої худоби, свиней та пташиного посліду.

На теперішній час потенціал їх використання залишається на низькому рівні. Враховуючи постійне зростання цін на природний газ, одним із способів розв'язання даної проблеми є використання біогазових технологій, суть яких полягає в переробці біологічних відходів з одержанням горючого біогазу і високоякісних органічних біодобрих.

Встановлено, що їх застосування збільшує врожайність сільськогосподарських культур на 12...15% порівняно з гноєм штабельного зберігання.

Виробництво біогазу має ряд переваг: в першу чергу, це джерело

енергії, а відходи технологічного процесу використовуються як високоякісні добрива. Крім цього, сам процес переробки відходів вирішує глобальний екологічний аспект – підтримання чистоти навколишнього середовища [1].

Переробка відходів життєдіяльності тварин попереджує попадання метану в атмосферу. Відомо, що метан впливає на парниковий ефект в 21 раз сильніше, ніж  $\text{CO}_2$  і здатен залишатися в атмосфері до 12 років [2].

Тому запобігання викиду метану із відходів тваринництва, один із кращих способів запобігання глобального потепління.

На теперішній час багато населених пунктів України ще не мають природного газу. Протяжка одного кілометра газопроводу коштує більше мільйона доларів. Тому, замість побудови нових газопроводів та подальшої оплати вартості газу, кошти доцільно витратити на побудову біогазових установок, що працюють на відходах тваринництва та рослинництва. Таким чином, отримання біогазу шляхом метанового збродження відходів (біометаногінез) є одним з можливих рішень енергетичної проблеми більшості малих населених пунктів та сільських районів.

Доцільність переробки відходів життєдіяльності тваринництва представлено на рисунку 1 [3].



**Рис. 1. Схема переробки відходів тваринництва**

**Метою роботи** є обґрунтування доцільності та ефективності переробки відходів тваринництва з отриманням біометану й використанням його у якості альтернативної енергії для забезпечення життєдіяльності сільського населення.

**Основні матеріали.** На підставі проведеного аналізу існуючого обладнання з переробки відходів запропонована технологічна лінія отримання біогазу з відходів тваринництва з об'ємом реактора  $5 \text{ м}^3$  і виходом біогазу за добу  $15 \text{ м}^3$ .

Враховуючи погодні умови в Україні, для підвищення ефективності біогазових установок доцільно, щоб їх реактор підігрівався для забезпечення постійної температури.

Оцінка ефективності застосування лінії для отримання біогазу з відходів тваринництва можна проілюструвати на наступному прикладі (таблиця 1).

Таблиця 1

## Порівняльна характеристика різних видів енергоносіїв

Пальне	Теплотворна здатність одиниці пального, кВт	Теплотворна здатність одиниці пального, МДж	Пального на 1 м <sup>3</sup> біогазу	Біогаз на одиницю пального
Дизель, керосин, літри	10	36	0,69 л	1,44 м <sup>3</sup>
Бензин, літри	8,5	30	0,82 л	1,28 м <sup>3</sup>
Дрова, кг	4,5	16,2	1,5 кг	0,65 м <sup>3</sup>
Сухий кізяк, кг	5	18	1,4 кг	0,7 м <sup>3</sup>
Сухі рослинні залишки, кг	4,5	16,2	1,5 кг	0,65 м <sup>3</sup>
Тверде вугілля, кг	7,7	27,6	0,9 кг	1,1 м <sup>3</sup>
Природний газ, м <sup>3</sup>	9,3 кВт/м <sup>3</sup>	33,5	0,75 м <sup>3</sup>	1,34 м <sup>3</sup>
Пропан в балонах, м <sup>3</sup>	12,8 кВт/м <sup>3</sup>	46	0,54 м <sup>3</sup>	1,84 м <sup>3</sup>
Електроенергія, кВт	1	3,6	6,9 кВт	0,14 м <sup>3</sup>
Біогаз, м <sup>3</sup>	7	25	1 м <sup>3</sup>	1 м <sup>3</sup>

Підрахувати економічні вигоди від використання біодобрих можна шляхом порівняння витрат і вигод при використанні господарством раніше інших добрив або по виручці засобів за продаж біодобрива. Не можна недооцінювати ефект збільшення врожайності від застосування біодобрив. Дані про підвищення врожайності (вказані в таблиці 2) після застосування біодобрив коливаються від 10 до 30%, проте точніший прогноз зробити не можливо, тому що на врожайність впливають і багато інших чинників [4].

Сім'я з 4...5 людей має можливість утримувати 5...6 голів ВРХ, близько 20 свиней і не менше 100 голів різної птиці. За добу виходить близько 300 кг навозу. Відомо, що з 1 тони навозу отримують близько 400 м<sup>3</sup> біогазу, тоді добова норма складе 120 м<sup>3</sup>.

У залежності від теплоізоляції приміщень для обігріву 1 м<sup>2</sup> житлової площі витрачається від 15 до 25 м<sup>3</sup>. Тоді сім'я з житловою площею у 100 м<sup>2</sup> споживає 2500 м<sup>3</sup> газу на рік [5].

Отже біогазом, що отримують від утримання тварин однією сім'єю можна забезпечити теплоспоживанням й приготуванням їжі близько 15 домів із площею кожного 100 м<sup>2</sup>.

Економічна оцінка технологічної лінії, для переробки відходів продукції тваринництва й рослинництва, визначається строком її окупності.



Таблиця 2

## Відсоток збільшення врожайності при застосуванні біодобрив

Види вирощуваних культур	Звичайна врожайність, ц/га	Збільшення врожайності, %	Доповнення до врожаю, ц/га
Пшениця	23-25	10	2,3-2,5
Ячмінь	18-20	10	1,8-2
Люцерна	40-100	10	4-10
Кукурудза	50-80	10	5-8
Буряк	200-400	10	20-40
Бавовна	25-30	10	2,5-3
Картопля	180-200	10	18-20
Квасоля	20-25	10	2-2,5
Яблука	250-300	10	25-30

Розрахунок витрат по її впровадженню включає: загальну вартість самої установки, оренду землі, витрати на будівництво й експлуатацію. Біодобрива не лише ефективні, але і дешеві - при застосуванні біодобрив замість мінеральних добрив, як видно з таблиці у господарстві підвищується врожайність і зменшуються витрати на купівлю мінеральних добрив.

**Висновок.** Таким чином, переробка відходів тваринництва є альтернативним джерелом енергії в рішенні проблеми енергетичного забезпечення та захисту навколишнього природного середовища.

*Список використаних джерел*

1. Матвеев Ю.Б., Гелетуха Г.Г. Зелена енергетика. Зелене світло. Київ, 2002. 17с.

2. Бударин В.А., Кыдыралиев. С.К. Особенности получения биогаза и биологически активного органического вещества из растительных отходов: Институт энергетики и электроники южного отделения Национальной академии наук Кыргызской Республики. Джалалабад, 2004. 137с.

3. Мітков Б.В., Мітков В.Б., Чорна Т.С. Обґрунтування ефективності отримання біогазу з відходів тваринництва. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2012. Вип. 2. С. 5-7.

4. Шевченко І.А., Павліченко В.М., Лященко О.О. Шляхи використання органічних відходів тваринництва. Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: Збірник наук. праць інституту механізації тваринництва УААН. Випуск 1 (3-4). Запоріжжя: ІМТ УААН, 2009. С.3-16.

5. Удовиченко Г.А. Полтавський інститут АПВ ім. Вавилова. Досвід виробництва альтернативних екологічно чистих видів палива на Полтавщині. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2010 №3. 159 с.

УДК 631.311

## АНАЛІЗ МЕХАНІЗМУ ЗБУДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДИСКАТОРА

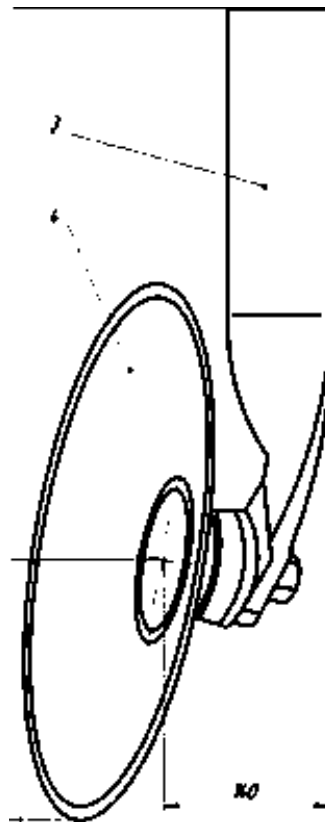
Буряк Т.Ю., магістрант

Волик Б.А., к.т.н., науковий керівник

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,  
м. Дніпро, Україна*

Робоча гіпотеза полягає в тому, що коливання в системі пружний стояк – диск виникають за рахунок періодичної зміни складових тягового опору. В загальному виді тяговий опір має дві складові – постійну і змінну. Номінальна постійно діюча складова формується за умови стабільності вихідних параметрів (механіко-технологічних властивостей ґрунту, агрофону).

Змінна виникає в разі випадкової або циклічної зміни цих параметрів і умовно поділена нами на два види: варіаційна складова – така що носить циклічний характер і підпорядковується певному закону розподілу і випадкова імпульсна складова [1,2].



**Рис. 1. Конструктивна схема робочого органу дискатора:  
3 – пружний стояк; 4 – диск**

Розглянемо загальну схему доведених сил і проаналізуємо діапазони їх можливої зміни в процесі роботи. В якості методичної основи приймаємо модель А.М. Панченко [3].

Сутність моделі полягає в наступному. Робочий орган функціонально поділяється на ріжучий периметр і робочі поверхні. Кромки ріжучого периметру зминають ґрунт і відділяють від загального масиву призму сколу, яка надходить на робочі поверхні. Робочі поверхні розглядають як плоскі поверхні, які з певним ступенем наближення відтворюють загальну робочу поверхню. Поверхні сприймають тиск ґрунту, сили тертя і швидкісний напір. Таким чином загальний тяговий опір має наступні складові [3].

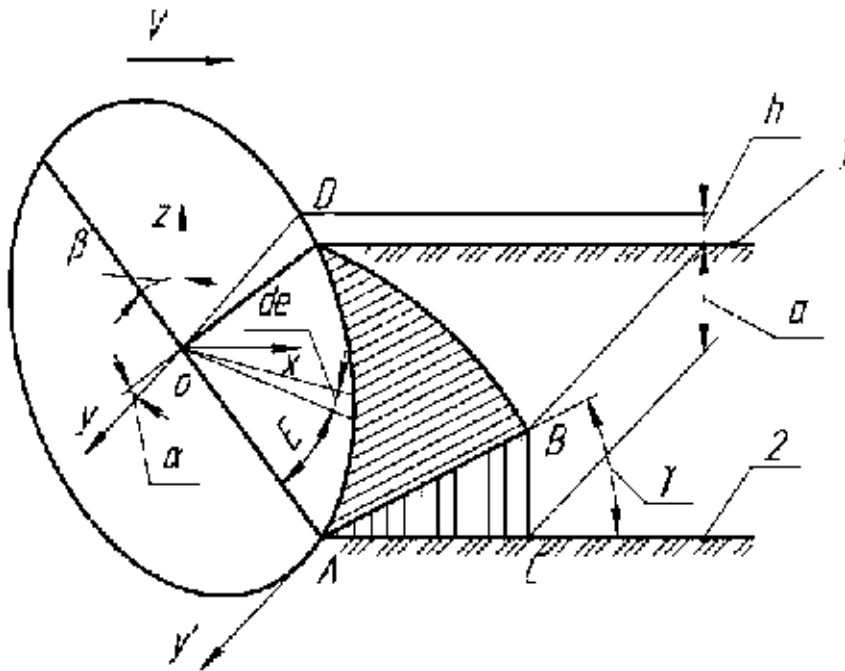
$$P = P_{СК} + (P_N + P_{ТР} + P_{ЗАТ} + P_V) \cdot \cos[\arctg \frac{i \cdot \sin \varphi}{\cos \varphi} - \varphi], \quad (1)$$

де  $P_{СК}$ ,  $P_N$ ,  $P_{ТР}$ ,  $P_{ЗАТ}$ ,  $P_V$ , - проекції на напрямок руху відповідно сил сколу призми, нормального тиску ґрунту на поверхню, сили тертя при переміщенні ґрунту вздовж робочої поверхні, додаткова сили від затуплення леза, швидкісної складової опору.

Проаналізуємо номінальні значення наведених сил і імовірні відхилення від номіналу.

Сила сколу призми за визначенням  $P_{СК} = C_{ПТ} \cdot F_{СК}$

де  $F_{СК}$  – сумарна площа сколу;  $C_{ПТ}$  – питоме зчеплення часток ґрунту



**Рис. 2. Розрахункова схема сколу призми ґрунту: 1 – рівень денної поверхні; 2 – дно борозни**

У відповідності до розрахункової схеми (рис.2), утворена поверхня нами розбита на нескінченно малі елементарні ділянки. Площа такої ділянки

$$F_i = \frac{R \cdot de}{\cos \alpha \cdot \cos \beta} \cdot \frac{a}{\cos \gamma},$$

де  $R$  – радіус диска;

$a$  – глибина занурення диска;

$\alpha$  – кут постановки диска до напрямку руху;

$\beta$  – кут постановки диска до вертикалі;

$\gamma = 90 - \varphi_2$ , де  $\varphi_2$  – кут внутрішнього тертя ґрунту

$e$  – центральний кут

Шляхом інтегрування знаходимо загальну площу поверхні сколу і відповідно силу сколу призми ґрунту

$$P_{ск} = C_{пт} \int_{e=0}^{e=0,5 \cdot \pi} \left[ \frac{R \cdot de}{\cos \alpha \cdot \cos \beta} \cdot \frac{a}{\cos \gamma} \right] \quad (2)$$

Проаналізуємо, які вихідні параметри в рівнянні (2) можуть носити змінний характер і, як наслідок, впливати на варіаційну складову тягового опору.

Залежність функції від питомого зчеплення часток і глибини оранки носить прямо пропорційний характер і тому варіаційна складова буде повторювати закони розподілу цих параметрів.

Кут внутрішнього тертя, як показують виконані нами експерименти може змінюватись в межах 2-3 градусів, що не може суттєво вплинути на величину тягового опору;

Швидкісна складова визначається за формулою Ю.А. Ветрова [1].

$$P_v = \frac{9,81 \cdot b \cdot a \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \cos \theta}{g \cdot \sin(\alpha + \theta)} \cdot V^2 \quad (3)$$

де  $V$  – Робоча швидкість

$\alpha$  – кут постановки леза до дна борозни  $\theta$  – задній кут леза

Складова має однозначно виражену квадратичну залежність від швидкості і лінійну прямо пропорційну залежність від глибини робочого ходу

Додаткова сила від затуплення леза [3]

$$P_{зат} = K' \cdot (Z + X \cdot \operatorname{tg} \varphi) \cdot b, \quad (4)$$

де  $K'$  - межа несучої спроможності ґрунту;

$b$  – загальна довжина ріжучого периметра;

$Z, X$  – параметри затуплення леза;

Складова  $R_{зат}$  впливає тільки на величину постійно діючої номінальної складової

Нормальна реакція ґрунту  $R_N$  визначається за формулою підпірної стінки Н.А. Цытовича [6], що є традиційним для більшості відомих моделей взаємодії ґрунтообробних знарядь з ґрунтом [2,3,5]. Залежність носить прямо пропорційний характер від глибини робочого ходу

### **Висновки**

Наведена методика дозволяє аналітично обґрунтувати жорсткості окремих ділянок пружного стояка дискатора за умови раціонального напрямку дії складових тягового опору диска. Значення жорсткості окремих ділянок стояка слугують вихідними даними для інженерних розрахунків конструкції.

Найбільший вплив на вібраційний режим мають непостійний характер питомого зчеплення часток ґрунту і робочої швидкості

### **Список використаних джерел**

1. Ветров Ю. А. Резание ґрунтов землеройными машинами. М.: Машиностроение, 1971. 357 с.
2. Мударисов С. Г. Дисковые орудия с адаптирующимися рабочими органами. Картофель и овощи. 2005. №4. С. 30 – 31
3. Панченко А. Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями. Днепропетровск: РИО ДГАУ, 1999. 140 с.
4. Пугач А. М. Польові дослідження сферичного диска на пружному кріпленні. Техніка і технології АПК. Науково-виробничий журнал №11(98) 2017. С.23-25.
5. Семенюта А.М. Обґрунтування конструктивної схеми, параметрів та режимів роботи дискового плуга: автореф. дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук. Мелітополь, 2014. 23 с.
6. Цытович Н.А. Механика ґрунтов (краткий курс): учебник для строит. вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1983. 288 с.



УДК 636:631.862

## СУТЬ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМПОСТУВАННЯ

Скляр О.Г., к.т.н.

Карапетров В.В., студент

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Органічні добрива при біологічному веденні землеробства [1,2] є основним джерелом відтворення родючості ґрунтів. Вони містять значну кількість біогенних елементів, зокрема азоту, фосфору, калію, кальцію, магнію, ряд мікроелементів. Тому застосування усіх видів органічних добрив – важливий метод поліпшення балансу поживних речовин у ґрунті. Використання гною як органічного добрива [3-5] є пріоритетним напрямом у системі заходів з підвищення родючості ґрунтів. Після його внесення посилюється активність мікрофлори, оскільки при цьому у ґрунт надходить органічна речовина, необхідна для її ініціації, і мікроорганізми, які мають велике значення для живлення рослин. Інтенсивніше утворюється CO<sub>2</sub>, різні органічні кислоти, які взаємодіють з мінеральною складовою ґрунту. Одним з найбільш широко застосовуваних у сільському господарстві способів утилізації відходів тваринництва є компостування [3,4]. Компонентами компостних сумішей можуть служити різні органічні складові: відходи деревопереробних підприємств, харчових виробництв, солома, сапропель, торф та інші. В даний час компостування вважається найбільш екологічною та економічною технологією утилізації відходів тваринництва і птахівництва з метою отримання на їх основі органічних добрив високої якості. При компостуванні гній значно змінює свої властивості і нерідко при неправильній розсипчастій укладці в штабелі втрачає велику кількість поживних речовин, в першу чергу – азот. Компостування – це природний аеробний процес розкладання органічних відходів в аеробних (з доступом кисню) умовах за участю ґрунтових бактерій. Протилежним компостуванню є анаеробний (без кисневий) [5,6] розклад органіки або процес гниття. Продукт компостування або компост – багате гумусом добриво, яке збагачує ґрунт поживними речовинами. При дотриманні умов технології у компостній ямі через 12...24 місяців можна отримати готовий компост.

*Компостування має 3 фази.* На першій фазі відбувається саморозігрівання внаслідок хімічних реакцій розкладання при інтенсивній діяльності бактерій і мікроорганізмів. У процесі розкладання речовин [3,4], що легко розщеплюються, компост може нагріватися до температури 65°C. За таких температурних умов вмирає переважна більшість

хвороботворних організмів і гине насіння бур'янів. На другій фазі відбувається розкладання речовин, що важко розщеплюються, на стійкі речовини, які утворюють гумус. Температура починає знижуватися, компост набуває бурого кольору і структуру ґрунту.

Третя фаза – дозрівання компосту, який набуває однорідної структури й запах лісового ґрунту.

Компостуванню піддають підстилковий гній і напіврідкий гній вологістю до 92%, який отримують при безпідстилковому утриманні тварин з видаленням з приміщень механічними засобами [4,5], а також тверду фракцію після розподілу рідкого гною. При необхідності компостування гною вологістю понад 92% проводять техніко-економічне обґрунтування з урахуванням достатньої кількості наповнювача відповідної якості, прийнятої системи землеробства, екологічного стану ґрунтів, гідрогеологічних та інших місцевих умов.

Технологія компостування передбачає змішування гною і посліду птахів з наповнювачем, що добре вбирає вологу (торфом, соломою, тирсою тощо), витримування в буртах протягом терміну [6,7], необхідного для його знезараження, після чого в агротехнічні терміни внесення в ґрунт під оранку. При компостуванні в органічній масі підвищується вміст доступних рослинам елементів живлення (азоту, фосфору, калію тощо), знешкоджується патогенна мікрофлора та яйця гельмінтів [7], зменшується кількість целюлози та пектинових речовин (викликають перехід розчинних форм азоту і фосфору ґрунту в органічні форми, що менше засвоюються рослинами), добрива стають сипучими, що полегшує їх внесення в ґрунт.

*Впровадження компостування.* Організація впровадження технології прискореного компостування у господарстві має включати ряд організаційних заходів, що забезпечить ефективний результат [5-7]. Перший етап — розробка технологічного процесу виробництва органічних добрив в умовах господарства:

- аналіз загальної характеристики господарства за виробничими ресурсами, типами і кількістю органічної сировини, наявністю техніки, термінами виробництва, логістичними маршрутами;

- розробку технологічного регламенту на основі хімічного аналізу компонентів суміші: вологості, рН, співвідношення вуглецю до азоту, визначення розмірів майданчиків для компостування з урахуванням кількості і якості органічної сировини;

- розробку технічного регламенту, що включає обґрунтування типів і кількості машин та обладнання, їх налаштування, логістичні маршрути руху техніки для технологічного забезпечення процесу компостування, експлуатаційні особливості роботи та обслуговування, завдання для виконавців на основі технологічних карт, а також розробку циклограм виконання робіт на майданчику;

• розробку заходів з охорони праці та виробничої санітарії, техніко-економічне обґрунтування.

Другий етап — перевірка технології й уточнення параметрів процесу і технічних засобів. Третій — узагальнення та розробка технології внесення органічних добрив.

Компостування твердого гною — форма аеробної обробки, яка природньо відбувається під час зберігання гною насипом. Для отримання задовільної аерації необхідна висока пористість гною (30...50%) [6,7]. Температура компосту може сягати 50...70 °С, яка вбиває всі патогенні мікроорганізми. Таким способом обробляється гній з часткою сухої речовини до 85%. Компостування рідкого гною - процес компостування рідкого гною з додаванням помірної кількості соломи [7-10]. Такий процес використовують для покращення якостей рідкої фракції гною не осушуючи його або не роблячи його твердим.

### *Список використаних джерел.*

1. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
2. Болтянська Н.І. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
3. Войтов В.А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100-109. DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-100-109.
4. Скляр О.Г. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва. Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 298-304.
5. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Біотермічна твердофазна ферментація гною. Праці ТДАТА. Мелітополь, 2008. Вип. 8. Т.3. С. 145-150.
6. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродіння. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Харків, 2015. Вип. 156. С. 649-655.
7. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Властивості біодобрив, що отримуються після анаеробної ферментації гною. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 13. Т.3. С.110 -118.
8. Скляр О.Г. Напрями використання органічних ресурсів у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С.210-217.
9. Скляр Р.В. Методологія оптимізації ресурсовикористання у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С. 245-251.
10. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 621.331

## ЩОДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ПОВНОЦІННОСТІ ГОДІВЛІ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ КОРІВ

Болтянська Н.І., к.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Подальший прогрес в тваринництві можливий тільки при повноцінній годівлі тварин, коли в раціоні досить енергії, протеїнів, вітамінів і мінеральних речовин. Нині дефіцит протеїну в раціонах великої рогатої худоби складає 25-30%. Це знижує ефективність використання кормів, збільшує їх витрату на одиницю продукції, а також знижує стійкість тварин до захворювань і рентабельність тваринництва. У більшості господарств витрати кормів на 1 ц приросту живої маси великої рогатої худоби складають 14,5 ц енергетичних кормових одиниць, молока – 1,3 ц, що в 1,5–2,0 рази вище нормативних [1-3]. Останніми роками в нашій країні і за кордоном пильна увага приділялася питанням протеїнового живлення жуйних тварин. Разом з розробкою способів підвищення ефективності використання кормів, збільшення виробництва високоякісних білкових кормів має не менш важливе значення. Дослідженнями показано, що вирішення питань раціонального харчування тварин неможливе без достатнього знання процесів розпаду кормового протеїну і синтезу мікробного білку в рубці. Особливе значення цьому надається при розробці науково обґрунтованої годівлі високопродуктивних тварин [4,5]. Потреба низькопродуктивних тварин в білці може бути задоволена за рахунок синтезу мікробного білку в рубці, і якісний склад протеїну корму не грає особливої ролі. Потреба ж високопродуктивних тварин задовольняється як за рахунок мікробного білку, так і високоякісного білку корму, не розщепленого в рубці [6].

Ліквідувати дефіцит білку в годівлі можна за рахунок розширення посівів зернобобових на зерно, багаторічних і однорічних бобово-злакових травосумішей. Збалансувати раціон по протеїну і амінокислотам для жуйних тварин представляється можливим у тому випадку, коли зернобобові культури складатимуть не менше 13 – 15 % в загальній структурі зернофуражу, а нині вони складають близько 5 %.

Зернобобові культури мають високий вміст сирого протеїну, який добре розчиняється у воді і сольовому розчині. В порівнянні із злаками в зерні бобових культур знаходиться в 2–3 рази більше протеїну і в 3–5 разів більше лізину. Люпин в годівлі великої рогатої худоби в умовах нечорноземної зони – важливе джерело протеїну. Зміст білку в насінні вузьколистного люпину коливається від 29 до 38 %, білого люпину – від 29 до 40 % і жовтого люпину – від 38 до 46 % [7-9].

По своїй якості білок люпину, згідно з прийнятими Міжнародними стандартами, рівнозначний для комбікормової і харчової промисловості білку сої. Коефіцієнт перетравності люпину складає 80–89%, сої – 76–84%, а коефіцієнт біологічної цінності люпину – 67–78% і сої 64–80% (коливання з урахуванням сортових особливостей).

У амінокислотному складі білку люпину знаходиться найбільша кількість глютамінової (15–26 %) і аспарагіновою кислот (7–13%), лімітуючими є – триптофан і метіонін (0,6; 1,3%). Сума незамінних амінокислот коливається в середньому від 35 до 50 % від білку насіння люпину. Найбільша кількість з незамінних амінокислот припадає на частку аргініну (8–12 %) і лейцину + ізолейцину (9–12 %). Зміст лізину в білці насіння жовтого і вузьколистого люпину знаходиться в межах 4–7%, а в окремі роки досягає 7–9% [10-12]. Кількість жиру в насінні білого люпину складає від 6 до 12,0%, жовтого і вузьколистого – 4,5–6% жиру. Жир люпину складається переважно з ненасичених жирних кислот. На долю лінолевої і олеїнової кислот доводиться 50–60 і 20–30% (відповідно) від загальної суми кислот в насінні жовтого люпину. Білий люпин містить олеїнової кислоти 55%, а вузьколистий – 34–43%. В порівнянні із злаковими зерновими культурами в зерні люпину накопичується більше кальцію, фосфор, калій і магній, а з мікроелементів – марганцю, цинку, міді, молібдену і кобальту.

Основними антипоживними речовинами, що містяться в зернобобових культурах і чинять несприятливий вплив на тварин, є інгібітори протеаз, гемагглютиніни, дубильні речовини, глікозиди і алкалоїди. Алкалоїди відносяться до токсичних речовин і у великих концентраціях небезпечні для тварин. Це активні гетероциклічні підстави, що містять азот, вони відносяться до групи похідних піридину. У насінні вузьколистого люпину 57% алкалоїдів доводиться на люпанін, 26% – гідроксилюпанін, 16% на люпинин і не виявлений спартеїн. У зерні білого люпину знаходиться 47% люпаніна, 42 % – гідроксилюпаніну, 10% – спартеїну і не виявлений люпинин.

При використанні зерна люпину в годівлі тварин необхідно враховувати не лише загальний зміст алкалоїдів, але і абсолютну кількість кожного з них. По рівню змісту алкалоїдів в насінні їх класифікують за наступною шкалою: дуже низьке < 0,025 %, низьке 0,025 – 0,099 %, середнє 0,100– 0,399%, високе 0,400–1,00%, дуже високе > 1,00 %. Люпину, що містить у своєму насінні менше 0,01 % алкалоїдів, відносяться до солодких, від 0,01 до 0,025 %– до безалкалоїдних, від 0,025 до 0,1 % – кормовим, від 0,3 до 1,0 % – гірким і понад 1,0 % – алкалоїдним. Безпечним вважається рівень алкалоїдів в насінні до 0,06 %. Для кормових цілей висівають тільки безалкалоїдні і малоалкалоїдні, причому в посівному матеріалі не має бути більше 5 % алкалоїдного насіння. У раціоні великої рогатої худоби кількість алкалоїдів, що поступає з кормом, не повинна перевищувати 0,2–0,4 г на 100 кг живої маси. Токсична доза



алкалоїдів для цих тварин складає 20 міліграм на 1 кг живої маси, а летальна – 30 міліграм/кг

Алкалоїди люпину частково руйнуються під впливом високих температур. Обробка насіння люпину при 60°C протягом 60 хвилин призводить до зниження алкалоїдів на 4,5 %; при 100°C протягом 10, 30 і 60 хвилин зменшує утримування алкалоїдів на 9, 13,4 і 21,4 % відповідно. Підвищення температури обробки до 150°C при експозиції 10 хвилин дозволяє понизити утримування алкалоїдів на 29,5 %. Подальше збільшення експозиції до 30 і 60 хвилин призводить до зменшення змісту алкалоїдів на 30,3 і 34,0 %. Видалення алкалоїдів з насіння люпину досягається при його замочуванні в холодній або теплій воді з наступним пропарюванням протягом 1 години і промиванням у воді. Протеїн зернобобових культур добре розчиняється, що знижує ефективність його використання жуйними тваринами. При термічній обробці знижується розчинність гороху для жуйних тварин з 89 до 20% (при 140°C). Екструзія знижує розчинність протеїну люпину з 87 до 30%.

Сучасні сорти кормового люпину, навіть в роки, несприятливі за кліматичними умовами, містять менше 0,1 % алкалоїдів і можуть використовуватися без попередньої обробки в кількості, необхідній для балансування раціонів сільськогосподарських тварин по протеїну.

Дослідження показали, що заміна 25 % концентратної частини раціону першотілок натуральною дертю вузьколистого люпину дозволила підвищити надій з 16,5 до 17,7 кг, жирність молока – з 3,51 до 3,92 %, вміст білку – з 3,07 до 3,10 %. Термічна обробка дерті люпину (екструдкування) сприяла подальшому збільшенню удою до 18,6 кг, вміст білку в молоці до 3,13 %. При цьому, витрати корму на 1 кг молока знизилися з 1,08 до 0,92 і 0,83 к.од., а концентратів з 387 до 336 і 305 грамів.

Відомо, що в структурі витрат на молочну продукцію корму складають 40–45%, а на м'ясо – 55–57%. Тому останніми роками істотно міняється структура кормовиробництва у бік розвитку травосіяння, щоб задовольняти потреби тварин в основному за рахунок кормів з польових і лукопасовищних сівозмін. Зернові концентрати мають бути додатковим джерелом енергії і поживних речовин.

Необхідно враховувати біологічну особливість жуйних, еволюційну адаптованість їх складного шлунку до нейтрально–лужного (трав'яного) типу годування. За рахунок мікробної ферментації в рубці задовольняється потреба жуйних в енергії до 80%, білка 30–50%, значною мірою макро– і мікроелементів і вітамінів.

Мікрофлорою рубця перетравлюється від 50 до 70% сирової клітковини раціону. Склад мікрофлори рубця жуйних тварин варіює в широких межах залежно від виду корму: інфузорії – від 200 тис. до 2 млн./мл, бактерії – від 100 млн. до 10 млрд./мл.

Встановлено, що в результаті тривалого згодовування великої кількості кукурудзяного силосу в рубці підвищується кількість молочної, оцтової та ін. органічних кислот, які міняють реакцію того, що знаходиться в рубці в кислу сторону. Це призводить до хронічного порушення процесів травлення, накопичення в рубці недоокислених продуктів бродіння, шкідливих для організму тварин. Кукурудзяний силос дуже мало містить легкокорозчинних вуглеводів, які в процесі його приготування перетворюються на органічні кислоти. Кисла реакція середовища в рубці при годівлі кукурудзяним силосом пригноблює розмноження мікрофлори рубця – важливого джерела білку, макро– і мікроелементів, вітамінів. При використанні в годівлі жуйних тварин великої кількості кукурудзяного силосу спостерігається двократна перевитрата концентратів, в два рази подовжується період відгодівлі, погіршується якість продуктів. Генетичний потенціал продуктивності тварин використовується наполовину. Шкода згодовування жуйною твариною великої кількості кукурудзяного силосу і концентратів при недоліку цукрів в раціоні проявляється і в народженні слабкого, нежиттєздатного потомства (від 50 до 90% молодняка захворює диспепсією, респіраторними захворюваннями), і у високій смертності приплоду. При згодовуванні великих кількостей зернових концентрованих кормів без достатньої кількості трав'янистих кормів в раціоні зростає накопичення кислих продуктів, знижується лужний резерв організму, у тварин виникає порушення обміну речовин (мінерального, білкового, вуглеводного, вітамінного) з появою ацидозу, кетозу, гепатозу у корів, шлунково–кишкових розладів у телят. При введенні в раціони зеленої маси клеверотимофійної, люцерново-кострецової, віко-овсяної травосумішей, а також конюшини і люцерни замість 50% концентратів спостерігається збільшення чисельності бактерій, – в 6 разів, інфузорій – в 3–4.

Травосуміші з високим вмістом азоту, протеїну, жиру стимулюють зростання і розмноження мікрофлори рубця в порівнянні з силосом кукурудзяним. Споживання коровами зеленої маси травосумішей, сіна, сінажу і силосу із злаково-бобових сприяє інтенсивному розмноженню мікроорганізмів рубця, оцтовокислому типу бродіння і рН середовища близького до нейтрального (6,6 – 6,9), краще перетравлюється сира клітковина кормів. Менш сприятливим кормовим субстратам притаманний пропіоново-масляний тип бродіння в рубці і кисліша реакція середовища (рН 6,2 – 6,5). При цьому велике додаткове навантаження по нейтралізації кислого рубцевого вмісту лягає на слинові залози.

Тому при формуванні структури посівних площ необхідно до мінімуму скоротити долю кукурудзи на силос і розширити посіви багаторічних бобових (конюшина, люцерна, козлятник), злакових культур і бобово-злакових травосумішей, а також ярини бобово-злакових (горох + овес, віка + овес, люпин + ячмінь, люпин + овес).

**Список використаних джерел**

1. Болтянська Н.І. Наслідки неправильної переддоїльної стимуляції вимені високопродуктивних корів. Мат VI-ї Наук.-техн. конф. «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». Глеваха, 2018. С. 11-13.
2. Болтянська Н.І. Залежність якісних і кількісних показників молока від якості механічної стимуляції вимені. ТЕЗИ II Міжнародної наук.-практ. конф. «Сучасні технології аграрного виробництва». Київ: НУБіП України, 2016. С. 109-110.
3. Болтянська Н.І. Оптимізація параметрів стимулюючих дій при виконанні підготовчих операцій доїння. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.5. С. 47-51.
4. Болтянська Н.І. Теоретична оцінка економічної ефективності виробництва молока. Мат. II-ї Наук.-техн. конф. «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». Глеваха, 2013. С. 7-10.
5. Болтянська Н.І. Обґрунтування технологічних параметрів механічного стимулювання (масажу) вимені високопродуктивних корів. Праці ТДАТУ. 2012. Вип.2. Т.5. С. 23-30.
6. Boltyanska N. I. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.
7. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249–258.
8. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll scientific-works of Intern. Research Practice Conf. «Topical issues of development of agrarian science in Ukraine». Nizhin, 2019. Pp. 84–91.
9. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. TDAU Scientific Bulletin. 2018. Issue 8. Vol. 2. Pp. 44–56.
10. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158.
11. Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
12. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 636.084.74

## АНАЛІЗ СПОСОБОВ ПОДГРЕБАННЯ КОРМОВ

Кольга Д.Ф., к.т.н.,

Костюкевич С.А., к. с.-х. н.,

Назарова Г.Ф.,

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

**Постановка проблеми.** Наивысшая эффективность использования кормов на нынешнем этапе развития молочного скотоводства достигается при использовании кормового стола [1].

Кормовой стол – часть кормового проезда с одной или двумя полосами для раздачи кормов, которые отделяются ограждением от места расположения коров. На полосах для раздачи кормов формируются вал корма, который при кормлении животные расталкивают. В результате часть кормов оказывается вне зоны доступа животных. Постоянное наличие корма в зоне доступа животных на кормовом столе повышает его потребление (на 3,5%) и сокращается количество недоеденных остатков, поэтому обязательным условием применения кормового стола является периодическое подталкивание корма [2; 3].

**Основные материалы.** Для подталкивания корма к ограждениям кормового стола на практике применяют ручной труд, трактора с различными навесным оборудованием и специализированные подгребатели (пододвигатели) кормов. Достоинства и недостатки применяемых способов отражены в таблице 1.

Таблица 1

## Способы подгребания кормов, применяемые на фермах КРС

Способы погребения кормов	Достоинства	Недостатки
1	2	3
Ручной труд	- низкий уровень шума; - при работе человек обращает внимание на состояние коров в стаде.	- большие трудозатраты; - низкая производительность; - человеческий фактор.
Трактор с различным навесным оборудованием	- высокая производительность.	- шум от двигателя работающего трактора может пугать животных; - при подгребании колеса трактора движутся по кормовой полосе, что приводит к загрязнению и уплотнению кормовой массы; - человеческий фактор.



Продолжение таблицы 1.

1	2	3
Специализированные подгребатели (пододвигатели) кормов	- низкий уровень шума; - высокая производительность; - влияние человека на процесс сведено к минимуму.	- стоимость сервисного обслуживания; - требует конструктивного переоборудования кормового стола.

Применение тракторов с различным навесным оборудованием для подгребания кормов (рисунок 1) целесообразно в том случае, если территория фермы благоустроена, дороги и проезды имеют твердое покрытие и систематически очищаются.



**Рис. 1. Подталкивания корма тракторами с различным навесным оборудованием.**

Специализированные подгребатели (пододвигатели) кормов, применяемые на фермах с беспривязным содержанием для подталкивания кормов: скребковый подгребатель кормов Delaval FPM 300 (рисунок 2, а) и робот-пододвигатель корма Lely Juno (рисунок 2, б) [2; 4].



**Рис. 2. Скребковый подгребатель Delaval FPM 300 (а) и робот-пододвигатель корма Lely Juno (б)**

Робот-пододвигатель корма Lely Juno может использоваться в коровниках любого типа, в процессе работы он пододвигает вал корма высотой до 65 см. Робот-подравниватель корма работает от аккумуляторов и после каждого цикла работы возвращается к зарядной станции.



которую устанавливают в удобном месте кормораздаточного прохода. Робот Lely Juno передвигается при помощи трех колес (два из которых ведущие), оснащен энергосберегающим электродвигателем [2]. Основным недостатком применения робота является стоимость его сервисное обслуживание. Роботизированные агрегаты имеют дорогостоящие узлы (аккумуляторы, заряжающие устройства, специальные рельсовые пути), что требует конструктивного переоборудования кормовых залов.

Скребок подгребатель кормов движется по направляющей вдоль ограждения, при этом корма недоступные животным пододвигаются к ограждению скребком. Меняя угол установки скребка можно контролировать размер получаемого вала корма. Привод осуществляется от электродвигателя.

**Выводы.** Применение скрепковых подгребателей кормов на фермах с беспривязным содержанием позволит снизить затраты на ручной труд персонала и влияние человеческого фактора в целом на процесс кормления животных, существенно снизить потери кормов, избежать загрязнение кормов грязью с покрышек трактора, если бы их подгребали отвалами.

### **Список литературы**

1. Ганущенко О.Ф., Соболев Д.Т. Организация рационального кормления коров с использованием современных методов контроля полноценности их питания : рекомендаций. Витебск : ВГАВМ, 2016. 80 с.
2. Робот-пододвигатель кормов Lely Juno URL: <https://molochka.com/rus/catalog/e/pododvigatel-podravnavatel-kormov-robot-lely-juno.html>. Дата доступа: 04.10.2020.
3. Винницкий С., Юговар Л., Романюк В. Молочная продуктивность коров и трудозатраты при различных технологиях производства. Передовые технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 30-31 марта 2017 г. Минск: БГАТУ, 2017. С. 148-156.
4. Delaval Feed pusher FPM300 In action (first customer in Canada) URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ykH1sd-Vs-4&list=WL&index=14&t=0s>. – Дата доступа: 04.10.2020.

УДК 651.4/9:631.11

## ОСОБЛИВОСТІ ДОКУМЕНТООБІГУ НА ПРИВАТНІЙ ПАСИЦІ

Дімітров І.С., 11 АІ група

Чорна Т.С., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** На думку світової спільноти, доки живуть бджоли, доти живе Людство [1], тому що бджоли грають важливу роль у формуванні врожаю багатьох польових культур [2, 3]. Мед вважають одним з продуктів, який має значний термін зберігання, розчин меду 30% у воді прирівнюють до плазми крові. Споживання меду та медопродуктів на світовому ринку постійно зростає. Але на здоров'я впливає не тільки споживання меду, але й догляд за крилатими створіннями. Тому багато хто замислюється над утриманням власної пасіки. Але окрім вміння доглядати за бджілами, навичками збирати корисні продукти їх виробництва необхідно опанувати й знання з ведення документів для офіційної роботи та своєчасного захисту своїх прав.

**Метою** даної роботи є аналіз документообігу приватної пасіки з метою своєчасного спілкування з фермерами та державними органами контролю якості сільськогосподарської продукції.

**Основні матеріали.** В даний час бджільництво, як галузь сільськогосподарства, динамічно розвивається та інтенсифікується, що потребує спільних зусиль щодо вирішення наявних проблем як з боку пасічників, так і з боку аграріїв. Одним із взаємовигідних підходів кооперації пасічника та аграрія є налагоджена робота по запиленню польових культур з метою збільшення отриманої продукції. Тому пропонується покроковий алгоритм, який рекомендовано використовувати пасічнику у своїй діяльності. Його дотримання дозволить упереджувати отруєння бджіл та налагодити комунікативні зв'язки між пасічником і аграрієм. По перше, на що треба звертати увагу, що в обов'язковому порядку проводиться реєстрація пасіки за місцем проживання фізичної особи у місцевих державних адміністраціях або у сільських, селищних, міських радах один раз в рік заснування пасіки.

По друге, раз на рік проводиться обстеження пасіки фахівцями ветеринарної медицини управління безпечності харчових продуктів та ветеринарії головного управління держпродспоживслужби в області. На даному етапі пасічник звертається до управління, яким проводиться відбір патологічного матеріалу пасіки, здійснюється його аналіз та робиться відмітка у ветеринарно-санітарному паспорті пасіки. Відповідно

необхідно мати ветеринарно-санітарний паспорт пасіки, в якому зазначаються дані власника пасіки, характеристика пасіки, її ветеринарно-санітарний стан, результати обстеження, лабораторні обстеження, кількість бджолосімей та інше.

По третє, розміщення пасіки фізичними та юридичними особами на земельних ділянках, які їм належать, здійснюється відповідно до санітарно-ветеринарних правил, а розміщення пасік на земельних ділянках інших власників або користувачів здійснюється за їх згодою.

В четвертих, обов'язково проводиться інформування органів місцевого самоуправління, землевласника та управління безпечності харчових продуктів та ветеринарії про плануєме місце розташування (кочівлю) пасіки. У випадку, якщо кочівля короткочасна та неможливо встановити агровиробника, поблизу земельних ділянок якого розміщено пасіку, необхідно залишити заяву з контактними даними пасічника та викопіюванням із публічної кадастрової карти України, на якій пасічник самостійно наносить місце розташування кочової пасіки.

В п'ятих, перевезення (кочівля) бджіл на медозбір та запилення здійснюється на підставі довідки або ветеринарного свідоцтва на перевезення бджолосімей, виданої управлінням безпечності харчових продуктів та ветеринарії головного управління держпродспоживслужби. Розташування пасіки на місцевості – стаціонарної / кочової, проводиться згідно Інструкції щодо попередження та ліквідації хвороб і отруєнь бджіл від 30.01.2001 року №9. В будь-якому разі, у випадку конфліктних ситуацій пасічником ініціюється перед сільською, селищною або об'єднаною територіальною громадою створення постійно діючої комісії з питань бджільництва, в тому числі щодо встановлення факту отруєння бджіл.

**Висновок.** Таким чином, своєчасне та якісне оформлення дозволів, проведення аналізів та своєчасне реагування на попередження з боку фермерів про проведення тих чи інших польових робіт, дозволить не тільки мати можливість насолоджуватися медопродуктами, але й мати можливість офіційної реалізації її надлишків.

#### *Список використаних джерел*

1. Кушнарєв А.С. Черная Т.С. Энергетическая концепция развития систем технологий в земледелии. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, 2016. Вип. 6. Т. 3. С. 41-71.

2. Дімітров, І. С. Роль медоносних бджіл у запиленні польових рослин. Збірник наук. пр. маг. та ст.: МТФ. Мелітополь. 2020. С. 143-144.

3. Чорна Т.С. Пошукові дослідження щодо вирощування соняшника за технологією strip-till. Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК: Мат. Міжн. наук.-пр. конф. (Мелітополь, 04-12 квітня). Мелітополь 2016. С. 106-107.

3. Методичні рекомендації для пасічників: обласна спілка Дніпровський пасічник // За ред. Р. Смолова. Дніпро, 2020. 14 с.

УДК 631

**ПОВЕДІНКОВИЙ АУДИТ ВИРОБНИЧОЇ БЕЗПЕКИ В ПІДПРИЄМСТВАХ АПК**

Семерня О.В., *ст. викл.,  
Сумський НАУ, м. Суми, Україна*

Відповідно до ст. 3 Конституції України і Закону «Про охорону праці» ст. 4 основним принципом державної політики є пріоритет життя і здоров'я робітників відносно будь-яких результатів виробничої діяльності. Одним із актуальних питань в агропідприємствах України є функціонування системи управління охороною та безпекою праці на виробництві. Але не скрізь вона працює ефективно. Це пов'язано з недбалим ставленням до вимог техніки безпеки та нехтуванням встановленими правилами і нормами [1].

Статистика в нашій країні свідчить, що серед причин нещасних випадків на підприємстві переважають організаційні (близько 80%) По 10% – психофізіологічні та технічні причини. За іншими даними кількість нещасних випадків з організаційних причин становить аж до 90–95%. Сучасна стратегія безпеки праці фокусується на превентивних заходах та попередженні різноманітних ризиків на роботі. А головною метою стратегії є досягнення постійного, сталого скорочення випадків травматизму на виробництві та професійних захворювань. Саме тому необхідно застосовувати конкретні заходи щодо подальшого вдосконалення системи управління охороною праці, а також включати в політику підприємства питання створення безпечних умов праці.

Новий рівень забезпечення охорони праці полягає у виявленні можливих небезпечних ситуацій та їх запобіганні. На цих принципах і ґрунтується поведінковий аудит безпеки.

Цей процес дає змогу виявити невидимі проблеми безпеки та розв'язати їх, зрозуміти причини такої небезпечної поведінки працівника.

Проблему виробничого травматизму у США в 1931 році досліджував працівник страхової компанії Герберт Хенріх. Він створив піраміду де показав залежність наслідків нещасних випадків від небезпечних дій працівників. Основний посыл піраміди: щоб зменшити кількість нещасних випадків, необхідно усувати небезпечні дії працівників [2,3].

У 90-х роках минулого століття генеральний директор американського хімічного концерну DuPont Ед Вулард доручив DuPont Discovery Team розробити систему, яка забезпечила б стійке і тривале поліпшення стану безпеки. Один із найвідоміших результатів роботи цієї команди – крива Бредлі (1994 р.). Поведінковий аудит безпеки –

інтерактивний, систематичний і задокументований процес, який ґрунтується на спостереженні за діями працівника під час виконання виробничого завдання, його робочою ділянкою, місцем та подальшій бесіді між працівником і аудитором. Аудити проводять не тільки працівники служби охорони праці, а навчені представники команди менеджерів і лінійних керівників.

Цей метод є ефективним, тому що намагається мінімізувати вплив негативних факторів психології людини, а також сприяє формуванню цілісного колективу, в якому одна з головних цінностей – здоров'я та безпека персоналу .

Таким чином впровадження поведінкових аудитів та підвищення рівня культури безпеки можуть привести підприємство до «нульового» рівня втрат, а саме зниження виробничого травматизму, людських і фінансових витрат, а у працівників підвищення самосвідомості, відповідальності та самоконтролю під час виконання всіх робіт, що впливають на безпеку.

#### ***Список використаних джерел***

1. Закон України. Про Охорону праці від 14 жовтня 1992 р. № 254к/96 // Відомості Верховної Ради України. 1992.
2. Гордєєва М. А. Поведенческий аудит безопасности. URL: <http://www.unitalm.ru/blog/povedencheskij-audit-bezopasnosti/>.
3. Павлова Н. М. Профессиональный отбор специалистов предприятий топливно-энергетического комплекса: дис. канд. техн. наук : 05.26.01. Москва, 2015. 156 с.



УДК 636.2.087.2– 635.1/.8

**КОРМОВІ ДОБАВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ГАРБУЗА**

Железна В. В., к. с.-г. н.

*Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна*

Покращання споживання та підвищення ефективності використання кормів, одержання максимальної тваринницької продуктивності забезпечується високим рівнем збалансованої годівлі з використанням різних кормових добавок [6].

Кормові добавки – це кормові засоби, які застосовуються для поліпшення поживної цінності основного корму. Перелік кормових добавок нараховує нині сотні різноманітних кормових засобів, який постійно поповнюється [5, 6].

Останнім часом великої популярності набувають природні кормові добавки, які містять в оптимальному для організму поєднанні комплекс біологічно активних речовин – природних з'єднань, що мають позитивний вплив на біологічні процеси в живому організмі та забезпечують високу продуктивність тварин.

За цих умов комбікормова промисловість повинна пропонувати тваринництву продукцію з індексом конверсії на світовому рівні, виготовленої із впровадженням інноваційних технологій їх виробництва та переробки альтернативних видів сировини [3, 4].

До таких видів сировини відносять більшість вторинних ресурсів харчової промисловості рослинного та тваринницького походження, зокрема, гірчична, гарбузова, лляна, ріпакова та інші макухи. За рахунок використання цих кормових продуктів, які є важливими компонентами для збалансування раціонів і комбікормів за протеїном, кормова база може бути значно розширена [5].

Нині, особливий інтерес представляють баштанові культури, а саме гарбуз та продукти його переробки. Це визначається відомими біологічними і кормовими властивостями активних речовин, що входять до його складу. В Україні традиційно вирощується і переробляється значна кількість баштанних овочевих культур, наприклад, гарбуза, валовий збір якого сягає 700 тис. т. на рік.

Гарбуз – поширена в Україні високоврожайна кормова та харчова культура. Її врожайність сягає 100 ц/га. З гарбуза виробляють значний асортимент консервів для дитячого, дієтичного та профілактичного харчування, з неї виготовляють вітаміни і концентрат каротину. До побічних продуктів його переробки відноситься шрот, який одержують після вилучення олії з насіння гарбуза та гарбузовий порошок [1, 3].

Відомо, що у тварин відсутні природні механізми синтезу  $\beta$ -каротину, тому він повинен надходити до організму, в основному, за рахунок продуктів рослинного походження. У подальшому  $\beta$ -каротин завдяки окислювальному розщепленню трансформується в печінці у вітамін А [2]. На сьогоднішній день пошук нових високоефективних природних джерел каротиноїдів для додавання до основного раціону харчування тварин залишається досить актуальним. Рівень каротиноїдів в кормах не регламентується. Наприклад, для забезпечення їх мінімального вмісту в жовтку інкубаційних яєць (15 мкг/г) в складі корму має бути не менше 8–10 г/т каротиноїдів. Як їх джерело застосовують кукурудзу, трав'яне борошно, кукурудзяний глютен. Цінність такої сировини істотно відрізняється. Так, наприклад, кукурудза часто є не тільки джерелом каротиноїдів, а й мікотоксинів. Каротиноїди в трав'яному борошні мають велику схильність до самоокислення, глютен сприйнятливий до пліснявіння [2, 4].

Гарбузовий шрот – це дієтичний продукт, який легко засвоюється за рахунок високого вмісту повноцінного білка, особливо цінується за високий вміст цинку і селену. Шрот гарбузового насіння, багате джерело цінних компонентів. У ньому міститься незамінні амінокислоти (аргінін, валін, глутамін, феніланін, гліцин і т.д.), вітаміни (Е, А, F, С, Р, Т, К, вітаміни групи В), макро- і мікроелементи. У складі гарбузового шроту міститься аргін, природне з'єднання, яке допомагає зміцнити імунітет організму [6].

Гарбузовий шрот містить понад 50 різних біологічно активних компонентів. Гарбузова клітковина має бактерицидну, андрогенну, протизапальну, а також протипухлинну і протиалергічну дію.

Дослідження хімічного складу гарбузового порошку показали, що він може бути ефективною кормовою добавкою, оскільки в його складі 12,9 % клітковини та 6,9 % пектинових речовин. До складу порошку входять такі необхідні мінеральні речовини як калій, залізо, йод, селен та інші, а також вітаміни групи В, ніацин, рибофлавін, тіамін. Особливої уваги заслуговує наявність значної кількості (19,1 мг/100 г)  $\beta$ -каротину. Наявність в гарбузовому порошку значної кількості моно- та дисукрів 39,2 і 4,6 % відповідно, а також органічних кислот, клітковини та пектину [3, 6]. Отже, такі продукти переробки як гарбузове борошно та гарбузовий шрот є цінними кормовими добавками – джерелом каротину та цінних компонентів.

#### **Список використаних джерел**

1. Борисенко В. В., Фолиянц Б. В. Изучение биохимического состава плодов тыквы сорта «Витаминная» // Молодой ученый. 2015. № 22 (102). С. 98–100.
2. Микитюк В.В, Бегма Н.А., Поротікова І. І. Особливості використання нетрадиційних високопротеїнових кормових продуктів у годівлі

сільськогосподарських тварин // Годівля тварин і технологія кормів. 2014. Вип. 29 (1). С. 165–172.

3. Николаенко, С. Н. Каротиноидный состав плодов тыквы / С. Н. Николаенко, С. А. Волкова, В. И. Николаенко // Молодой ученый. 2015. № 1 (81). С. 166–168.

4. Поліщук А.А., Булавкіна Т.П., Сучасні кормові добавки в годівлі тварин та птиці // Вісник Полтавської державної аграрної академії. № 2. 2010. С. 63–66.

5. Петенко А. И., Хусид С. Б. Физиолого-биохимические аспекты подбора сортов тыквы для использования в кормопроизводстве // Труды КГАУ. 2013. № 44. С. 117–125.

6. Хоренжий Н.В., Кучерук А.Г, Шарабаєва К.М. Комплексна технологія переробки вологих кормових засобів на комбікормових підприємствах // Зернові продукти і комбікорми. № 2(58). 2015. С. 36–42.

## УДК 637.116

### ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ОТРИМАНОВОГО МОЛОКА ПРИ ВИКОРИСТАННІ СТІЙЛОВОГО МОЛОКОПРОВОДУ

Ачкевич О. М., к.т.н.

Ачкевич В. І., к.т.н.

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.

Незважаючи на високий рівень розвитку обладнання для механізації доїння корів, постає питання не лише підвищення продуктивності корів та покращення якості молока, але й збереження його якості під час машинного видоювання.

Отримати якісне молоко можливо на будь якій доїльній установці. В країнах Європи та північної Америки на малих фермах до 80 голів економічно вигідно використання стійлового молокопроводу. Використання стійлового молокопроводу має свої переваги та недоліки.

Основним недоліком являється нестабільний вакуумметричний тиск в такті ссання та недостатній градієнт тиску при транспортуванні порції молока в такті стиснення. Виведення молока з вимені та подальше його транспортування забезпечується за рахунок різниці тисків, що створюється за рахунок впуску повітря в колектор доїльного апарата. Більшість існуючих систем доїння мають постійне надходження повітря в межах 8 – 10 л/хв (вимоги ISO). Молоковіддача упродовж часу доїння 4 – 6 хв змінюється від 0,2 л/хв до 5 - 6 л/хв. Тому упродовж часу доїння, в залежності від режиму роботи, синхронний чи попарний,

молокоповітряна суміш має різне співвідношення молока та повітря та відповідно різні режими транспортування. При цьому змінюється і вакуумметричний тиск в такті ссання. Падіння вакуумметричного тиску в такті ссання можуть досягати 12 – 15 кПа. В такті стиснення потрібно створити достатню різницю тисків для транспортування порції молока, чого не можна досягти в доїльному апараті з попарним пульсатором. Нестабільність вакуумметричного тиску в такті ссання та недостатній градієнт в такті стиснення призводить до зміни режимів транспортування та суттєво впливає на якість молока, що призводить до збивання жиру, який в подальшому прилипає до стінок молокопроводу та змивається при промивці.

Створення двокамерного колектора з порційним впуском повітря дозволить поєднати основні переваги роботи доїльного апарата з попарним та одночасним пульсатором. Покращення якості отриманого молока в межах зоотехнічних вимог, можливе за рахунок стабілізації вакуумметричного тиску в такті ссання та створення достатнього градієнта тиску в такті стиснення.

#### ***Список використаних джерел***

1. Мілк юа інфо: Інформаційно – аналітичний портал про молоко та молочні продукти. URL : <http://old.milkua.info/uk/milkpriceshh/>
2. Огляд молочного ринку. Січень-жовтень 2018 / Прес - служба Асоціації виробників молока. URL: <http://avm-ua.org/uk/post/oglad-molocnogo-rinku-sicen-zovten-2017>
3. Аналітичний відділ порталу [milkua.info](http://www.milkua.info) URL :<http://www.milkua.info/uk/post/section/analysis-of-the-milk-market> Моніторинг ринку молока.
4. В Україні перспективу свого бізнесу бачать лише 39 % виробників молока. Інфоіндустрія: електронне видання. URL : <http://infoindustria.com.ua/v-ukrayini-perspektivu-svogo-biznesu-bachat-lishe-39-virobnikiv-moloka/>
5. Палій А. П. Вплив молокопровідних систем доїльних установок на споживчі показники молока. Тваринництво України. 2016. №. 9. С. 20 – 22.

УДК 636:631.862

**ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГНОЮ НА ОРГАНІЧНІ ДОБРИВА**

Скляр Р.В., к.т.н.

Денисенко Д.А., студент 42 АІ

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Внесення органічних добрив - найкращий спосіб збагачення ґрунту органічною речовиною [1-3], яка здатна перетворюватись на гумус, що значно підвищує ґрунтову родючість (із 1 т гною утворюється 35...50 кг гумусу). Водночас у ґрунті синтезуються гумінові і фульвокислоти, які мають підвищену обмінну здатність. Найпоширеніші види органічних добрив добре відомі - це перегній, торф, зола, гній, пташиний послід, компост. Серед відносно нових - сапропель (органічний мул, донні відкладення прісних водоймищ), комплексні органічні добрива.

Як відомо, гній - важливе джерело азоту, фосфору і калію [4] як за абсолютною їхньою кількістю у ньому, так і за вартістю, рівномірністю розподілення територією сільськогосподарського використання. Поживні речовини гною використовуються рослинами поступово, тобто його удобрювальна дія має тривалий перебіг: на легких ґрунтах - протягом чотирьох-п'яти, на важких - семи-десяти років [1-3].

Техніку для внесення добрив класифікують залежно від типу органічних добрив на [3]: розкидачі твердих органічних речовин (компост, гній) та агрегати для внесення у ґрунт рідких органічних субстанцій. Своєю чергою, розкидачі твердої органіки бувають самохідні та причіпні, а також, якщо класифікувати їх за принципом вивантаження добрив, розкидачі із заднім та боковим вивантаженням. Причепи-розкидачі використовують для розподілення органічних добрив, таких як гній ВРХ із вмістом підстилкової соломи, пташиний послід [2,4], компост тощо, поверхню ґрунту. Такі машини дають змогу транспортувати великі об'єми добрив, що прискорює процес удобрення полів. Окрім того, більшість причепів-розкидачів можна використовувати впродовж усього року завдяки демонтажу системи розкидання, після чого оператор може застосовувати цю машину для транспортування зернових культур, зеленої маси, силосу, цукрових буряків тощо.

До техніки для удобрення ґрунту ставлять особливі вимоги [3]:

– здатність вести роботи в агресивному середовищі (адже добрива - це хімічно-активні речовини);



- наявність бункера великої місткості (для забезпечення ґрунту необхідною кількістю поживних речовин треба внести значно більше органічних добрив, ніж, наприклад, мінеральних);
- мінімізація ущільнення ґрунту під час роботи у полі;
- спроможність рівномірно розподіляти органічні добрива;
- забезпечення великої ширини захвату і високої продуктивності.

У стадії внесення органічних добрив - перероблений гній втрачає до 75% маси і сухої органічної речовини. Тому не слід доводити гній до стану перепрівання або перегною, адже за тривалого його розкладання кількість органічної речовини зменшується вдвічі-втричі, втрачається значна кількість азоту [4,5].

Кращий спосіб зберігання підстилкового гною - укладання його щільною масою, у такому разі він розкладається поступово і доходить до напівперепрілого стану протягом трьох-чотирьох місяців. Однією з неодмінних умов правильного зберігання гною є наявність у господарстві гноєсховищ. Проте нагромадження та зберігання гною не можна обмежувати прифермськими гноєсховищами, тому що за настання періоду його внесення це призводить до великого завантаження - в обмежений час треба навантажити і вивезти на поля велику масу органічних добрив. Нагромаджувати та зберігати гній лише в польових буртах також не рекомендується, оскільки протягом року є періоди, коли за несприятливих погодних умов (бездоріжжя) вивозити гній на поля і закладати там бурти неможливо [3,4]. Отже, за правильного поєднання у господарствах обох способів (у гноєсховищах і польових буртах) недоліки, властиві кожному із них, проявляються меншою мірою, а наявна техніка використовується раціональніше. Нагромадження та зберігання органічних добрив у гноєсховищах має становити протягом року приблизно 55...60% загального їхнього виробництва. Знаючи кількість вироблюваного тваринами гною у господарстві, можна розрахувати, скільки азоту, фосфору, калію та мікроелементів буде внесено в ґрунт. Своєю чергою, вихідна маса гною залежить від кормів, виду і віку тварини, тривалості стійлового періоду та технології нагромадження гною. У середньому в 1 т гною міститься [5,6] 5,3 кг азоту, 2,7 - фосфору і 6,2 кг калію.

Пташиний послід багатший на поживні речовини (ПР) [6,7], ніж гній ВРХ і свиней, окрім того, ПР у пташиному посліді перебувають у легкодоступних для рослин сполуках. Хімічний склад посліду значною мірою залежить від хімічного складу кормів і підстилки, способу утримання птиці, видового складу і майже не залежить від віку птиці.

Пташиний послід розкладається протягом року. Це саме швидкодіюче органічне добриво. Його зручно використовувати в якості підживлення. Однак концентрація пташиного посліду настільки висока, що його використання можливо тільки при розведенні в 10...12 разів. При

швидкому висушуванні або компостуванні втрати азоту можна скоротити [6,7]. При термічному зневодненні в сушильних установках [1] відбувається знезараження від небажаної мікрофлори (збудників хвороб) і яєць гельмінтів, втрачається схожість насіння бур'янистих рослин. При цьому з 300 кг сирого посліду виходить приблизно 100 кг концентрованого органічного добрива. У зв'язку з дефіцитом гною актуальним є приготування компостів [8,9]. Поширене компостування пташиного посліду з торфом. Бурти, в яких проводиться компостування, рекомендують робити не менше 4 м ширини і 2,5...3 м висоти, довжина може бути довільною, але мінімальна маса бурту - 200 т. При дотриманні цих вимог через 7...12 днів температура всередині бурту піднімається до 60 °С. Через 3...4 тижні роблять ворущіння. Через 1...2 місяці отриманий компост можна використовувати як добриво. Безсистемне зберігання посліду на багато років виводить з господарського обороту орні землі; зливання рідкого посліду в ґрунту становить серйозну екологічну небезпеку для прилеглих водойм; використання заглиблених накопичувачів для посліду призводить до утворення «послідних озер» без ознак життя флори і фауни.

#### *Список використаних джерел.*

1. Войтов В.А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100-109.
2. Болтянська Н.І. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
3. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник/ Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
4. Скляр Р.В. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва. Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 298-304.
5. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Біотермічна твердофазна ферментація гною. Праці ТДАТА. Мелітополь, 2008. Вип. 8. Т.3. С. 145-150.
6. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Властивості біодобрив, що отримуються після анаеробної ферментації гною. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 13. Т.3. С.110 -118.
7. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродіння. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Харків, 2015. Вип. 156. С. 649-655.
8. Скляр Р.В. Напрями використання органічних ресурсів у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С.210-217.
9. Скляр Р.В. Методологія оптимізації ресурсовикористання у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С. 245-251.

УДК 621.331

## НЕОБХІДНІСТЬ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГОДІВЛІ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

Болтянська Н.І.<sup>1</sup>, к.т.н.,

Заболотько О.О.<sup>2</sup>, к.т.н.,

<sup>1</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.

Проблема підвищення використання кормів сільськогосподарськими тваринами з метою збільшення рівня і якості одержуваної від них продукції є однією з найважливіших проблем сільськогосподарської біологічної науки. Тому зміна норм годівлі с.-г. тварин і перегляд методів оцінки поживності кормів у світовій науці є безперервним процесом. Необхідність вдосконалення параметрів годівлі та оцінки пояснюється, насамперед, розвитком фізіологічних і біохімічних основ біології годівлі та отриманням наукової інформації, що дозволяє по-новому розглядати відомі факти, визначати й уточнювати потреба тварин в поживних речовинах та шляхи задоволення цих потреб [1-3]. Цьому так само сприяє значне зростання продуктивності тварин, вдосконалення техніки годівлі і технологій заготівлі кормів. Науковою основою підвищення використання поживних речовин кормів є фізіологія живлення сільськогосподарських тварин, що спирається на знання закономірностей і взаємозв'язків процесів травлення та обміну речовин. Початковим етапом обміну речовин у тварин є травлення. Воно являє собою складний фізіологічний та біохімічний процес, завдяки якому корм, що надійшов в травний тракт, піддається фізичним і хімічним змінам, а що містяться в ньому поживні речовини всмоктуються в кров і лімфу [4-6].

Одним з важливих шляхів підвищення ефективності використання поживних речовин кормів є підвищення його перетравності, що може бути досягнуто тільки на основі знань фізіологічних і біохімічних процесів перетравлення кормів і з урахуванням про зв'язок цих процесів зі складом раціону і фізіологічним станом тварини.

Розвиток нормування поживних речовин в нашій країні йшов, в основному, за напрямом збільшення кількості нормованих і контрольованих показників. До певного моменту такі тенденції були виправдані, але в основному для моногастричних тварин. В даний час потреби визначаються і нормування проводиться тільки в сирих перетравлюваних речовин. Відомо, що тваринам для життєдіяльності й продуктивності

потрібні не корми, як такі та не хімічні компоненти їх, а речовини-метаболіти, які утворюються в процесах травлення і проміжного обміну. Відомо також, що жуйні тварини мають принципові відмінності у фізіології та обміну речовин, які модифікують кількісні та якісні характеристики майже всіх компонентів корму. Мікробіологічні процеси в передшлунках змінюють кількість і склад амінокислот корму, вуглеводи корму перетворюються у леткі жирні кислоти, з неліпідних компонентів синтезується жир і вищі жирні кислоти. Свої особливості мають синтез вітамінів, засвоєння мінеральних речовин [7,8]. Нова система живлення, що розробляється в даний час на основі субстратного забезпечення метаболізму покликана багато в чому вирішити цю проблему. Ґрунтуючись на знаннях про фізіологічних і біохімічних процесах перетравлення кормів, кількостях всмоктуються поживних речовин, їх розподіл, засвоєння і подальшої переробки, вона дозволить більш ефективно використовувати корми, знизити напруженість метаболізму, кількість захворювань, пов'язаних з порушенням обміну речовин, що дозволить продовжити терміни господарської експлуатації високопродуктивних тварин. На відміну від систем живлення, заснованих на обмінній енергії, ця система підрозділяє складові енергії на основні субстрати, використовувани в обміні речовин.

Відомо, що велика частина субстратів, які безпосередньо беруть участь в обміні, утворюється і всмоктується в травному тракті, тоді як інша формується в процесах проміжного метаболізму в органах і тканинах. Тому основою нової системи служить блок травлення, в якому розраховується кількісний склад всмоктуються поживних речовин. Від того, як точно буде проведений розрахунок цих показників, буде залежати подальша працездатність всієї системи. У зв'язку з цим визначається необхідність подальших досліджень процесів травлення з питань, що стосуються утворення кінцевих продуктів перетравлення, і які ще недостатньо визначені у кількісному аспекті. Кінцевою метою цих робіт було одержання кількісних характеристик основних травних процесів в різних частинах шлунково-кишкового тракту, уточнення ключових коефіцієнтів та їх переклад на залежні змінні величини [9-11].

Дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених з вивчення особливостей травлення у жуйних дозволило накопичити великий експериментальний матеріал, показує важливу роль передшлунків у перетворенні і засвоєння поживних речовин корму. Заключний ж гідроліз поживних речовин, здібних до всмоктування і переходу у внутрішнє середовище організму, відбувається, головним чином, у кишківнику. У зв'язку з цим представляється важливим з'ясування і уточнення зв'язку між переварюванням корму в передшлунках і їх подальшим гідролізом і засвоєнням в кишківнику. Глибоке пізнання процесів перетравлення корму в шлунково-кишковому тракті дозволить більш обґрунтовано організо-

увати раціональне годівлю тварин. У системі повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин велике значення має забезпеченість їх протеїном. В останні роки в нашій країні і за кордоном особливо пильна увага приділялася питанням протеїнового живлення жуйних тварин. Це пов'язано з тим, що дефіцит кормового білка залишається ще однією з основних проблем у годівлі сільськогосподарських тварин. За таких умов поряд із збільшенням виробництва високоякісних білкових кормів не менш важливе значення має розробка способів підвищення ефективності їх використання. Дослідження останніх років переконливо показали, що вирішення питань раціональної годівлі жуйних тварин неможливо без достатнього знання процесів розпаду кормового протеїну та синтезу мікробного білка в рубці. Особливе значення при цьому надається розробці науково-обґрунтованої годівлі високопродуктивних тварин. Експериментальні дані щодо особливостей метаболізму азотистих речовин у передшлунках жуйних, пізнання фізико-хімічних властивостей протеїну, процесів синтезу мікробного білка в рубці і вкладу останнього в амінокислотну забезпеченість тварини стали основою для нового підходу до нормування протеїнового живлення жуйних тварин.

В даний час у літературі є невелика кількість даних по впливу рубцевої середовища на швидкість і величину розпаду сирого протеїну кормів. В результаті цих досліджень відмічено, що ступінь розпаду протеїну в рубці жуйних регулюється, головним чином, відтоком рубцевого вмісту. Однак у деяких випадках дослідники не виявляють впливу швидкості відтоку на розпаду протеїну. У зв'язку з цим велике значення має з'ясування умов, при яких такий вплив відбувається в залежності від складу фракцій протеїну та раціону в цілому. Ці ж питання є актуальними в частині впливу складу раціону та умов рубцевої середовища на показники розпаду фракцій клітковини, крохмалю, цукру і ліпідів з окремих кормів. При складанні раціонів для жуйних тварин, з метою забезпечення їх достатнім рівнем протеїну, що не розпадається, слід враховувати фракційний склад протеїну кормів і константу швидкості розпаду його нерозчинної фракції, що розпадається. Нові системи годівлі корів дозволяють оцінювати потребу і проводити нормування годівлі з урахуванням освіти субстратів в травному тракті в процесах перетравлення корму і проміжного обміну в організмі після всмоктування. Вважається, що тільки на цій основі можливе перейти до прогнозування хімічного складу молока. Відомо, що основна частина субстратів, які безпосередньо беруть участь в обміні, утворюється і всмоктується в травному тракті, тоді як менша генерується в процесах проміжного метаболізму в інших органах і тканинах. Тому основою нової системи служить блок травлення, в якому розраховується кількісний склад окремих поживних речовин, що всмоктуються, а не перетравних сирих поживних речовин. Від того, як точно буде зроблено розрахунок цих показників, буде залежати подальша працездатність всієї системи.



У зв'язку з цим виникає необхідність досліджень процесів травлення з питань, що стосуються напрацювання кінцевих продуктів перетравлення.

*Список використаних джерел*

1. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production». 2019. Uman. 18–20.

2. Болтянський О.В. Використання різних критеріїв при визначенні кількості запасних частин. Праці ТДАТА. Вип. 36. 2006. С. 3-7.

3. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249–258.

4. Болтянська Н.І. Обґрунтування технологічних параметрів механічного стимулювання (масажу) вимені високопродуктивних корів. Праці ТДАТУ. 2012. Вип.2. Т.5. С. 23-30.

5. Болтянська Н.І. Наслідки неправильної переддоїльної стимуляції вимені високопродуктивних корів. Мат VI-ї Наук.-техн. конф. «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». Глеваха, 2018. С. 11-13.

6. Болтянська Н.І. Залежність якісних і кількісних показників молока від якості механічної стимуляції вимені. ТЕЗИ II Міжнародної наук.-практ. конф. «Сучасні технології аграрного виробництва». Київ: НУБіП України, 2016. С. 109-110.

7. Болтянська Н.І. Оптимізація параметрів стимулюючих дій при виконанні підготовчих операцій доїння. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.5. С. 47-51.

8. Болтянська Н.І. Теоретична оцінка економічної ефективності виробництва молока. Мат. II-ї Наук.-техн. конф. «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». Глеваха, 2013. С. 7-10.

9. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. TDATU Scientific Bulletin. 2018. Issue 8. Vol. 2. Pp. 44–56.

10. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.

11. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158.

УДК 631.1/631.3:631.5

## АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ОРНОГО МАШИННОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ВИРОБНИЧИХ УМОВ СУМЩИНИ

Таценко О. В., ст. викл.

*Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна*

**Постановка проблеми.** Система обробітку ґрунту визначає умови росту і розвитку сільськогосподарських культур. В теперішній час велику увагу приділяють удосконаленню способів і систем механічного обробітку ґрунту та впровадженню системи технічних засобів, які якісно реалізують технологічні процеси та операції обробітку ґрунту. На сьогоднішній день сільськогосподарське машинобудування для аграрних виробників пропонує широку лінійку ґрунтообробних знарядь і машин та енергетичних засобів для їх агрегування.

Багаторічними дослідженнями встановлено, що вплив агротехнічних заходів по обробітку ґрунту на врожайність сільськогосподарських культур складає до 20% від загального впливу всіх технологічних процесів [1, 2].

Одним з основних напрямів в дослідженнях технологічних процесів обробітку ґрунту є пошук і удосконалення системи технічних засобів, яка базується на раціональному комплектуванні машинних агрегатів, як різновиду підходів до підвищення ефективності обробітків ґрунту та зменшення собівартості виконання механізованих обробітків ґрунту.

Метою аналітичного дослідження показників роботи орного машинного агрегату для визначених виробничих умов при проведенні основного обробітку ґрунту через підбір оптимальних режимів роботи підібраних енергетичних засобів (тракторів) та ґрунтообробних знарядь (плугів) в умовах чорноземних ґрунтів Сумщини. Тобто було поставлено завдання по вивченню техніко-експлуатаційних та техніко-економічних показників при комплектуванні орних машинних агрегатів для умов Сумщини через моделювання змін сукупності виробничих умов (типу ґрунту, умов роботи агрегату і т.п.).

**Основні матеріали дослідження.** Існуючі методи дослідження і обґрунтування технічних засобів для їх реалізації не в усіх випадках прийнятні. Рідко технічні засоби для технологічних процесів розглядаються в системі різних виробничих умов їх використання. Особливої актуальності набувають дослідження, які сприяють забезпеченню ефективності механізованих технологічних процесів шляхом вмотивованого використання технічних засобів і комплексів машин для одночас-

ного виконання декількох технологічних операцій у системі виробничих умов з обов'язковим виваженням урахування техніко-економічних умов і природо-виробничих ознак аграрних господарств.

Раціональне агрегування нової техніки або окремих зразків зарубіжних машин потребує визначення режимів роботи та параметрів на основі оптимального завантаження, що вимагає особливого підходу до визначення енергетичних і паливно-економічних показників роботи машинного агрегату (МА). Комплексна оцінка експлуатаційних властивостей МА дозволяє відібрати з множини можливих варіантів лише найпридатніші для конкретних умов агрегати. При цьому важливо забезпечити взаємну відповідність параметрів окремих складових агрегату (трактор, зчіпка, робочі машини, додаткове обладнання), а також відповідність властивостей агрегату стосовно до вимог і природно-виробничих умов. В такому випадку пропонується наступна методика [3, 4, 5] виконання розрахунків з комплектування МА на основі існуючої технічної інформації, доступної широкому колу фахівців. Основними параметрами, які визначають раціональність ком-плектування агрегату, є його ширина захвату  $B$  та швидкість руху  $v$ .

Аналітичне дослідження і оцінка ефективності показників роботи орного машинного агрегату у складі енергетичного засобу (трактора) ХТА 250-10 та ґрунтообробного знаряддя (плуга) ПОН-5-40 для умов Сумщини було проведено розрахунки та обґрунтування згідно методики [1, 2, 3] з використанням програмних пакетів на ПЕОМ.

**Результати дослідження.** Отримані результати розрахунків показників роботи агрегату для основного обробітку ґрунту на базі ґрунтообробного знаряддя (плуга) ПОН-5-40 для умов Сумщини, представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

### Показники роботи агрегату для основного обробітку ґрунту

№ п/п	Показники	Одиниці виміру	Варіант		Різниця
			min	max	
1	Тяговий опір плуга, $R$	кН	27,8	41,4	13,6
2	Потужність необхідна для роботи плуга, $N_{ар}$	кВт	54,1... 92,6	80,5... 138	26,4... 45,4
3	Необхідна потужність двигуна трактора, $N_e$	кВт	147,8	153,6	5,8
4	Експлуатаційна вага трактора, $G$	кН	87,7	87,7	-
5	Максимально можлива тягова потужність, $N_{кр}$	кВт	123,9	224,8	100,9
6	Раціональна швидкість бо- рони, $V_{рац}$	км/год	14,09	10,03	-4,6

№ п/п	Показники	Одиниці виміру	Варіант		Різниця
			min	max	
7	Потужність при обраній швидкості, $N_{ар}$	кВт	115	120	5
8	Можлива тягова потужність, $N_{п}^д$	кВт	129,2... 120	126... 114,5	-3,2... -5,5
9	Тягова потужність що залежить від зчіпних властивостей, $N_{кр}^м$	кВт	123,9... 230,4	120,7... 224,8	76,8... -5,6
10	Коефіцієнт використання тягової потужності, $\eta_{вик}$	-	0,933	0,938	0,005
11	Тяговий КПД трактора, $\eta_T$	-	0,614	0,598	-0,016
12	Ефективна потужність двигуна, $N_e$	кВт	147,8	153,6	5,8
13	Коефіцієнт завантаження двигуна, $\eta_z$	-	0,877	0,874	-0,003
14	Розрахункова продуктивність агрегату за 1 год. роботи, $W$	га/год	3,7	2,6	-1,1
15	Розрахункова витрата палива на одиницю роботи, $q_p$	кг/га	12,2	17,4	5,2
16	Питомі енерговитрати, $\mathcal{E}_y^{га}$	МДж/га	521	743	222
17	Питомі витрати праці, $N_y^{га}$	люд*год/га	0,27	0,38	0,11

**Висновки.** Аналізуючи отримані результати обґрунтування показників роботи ґрунтообробного знаряддя (плуга) ПОН-5-40 з енергетичним засобом (трактором) ХТА 250-10 для виробничих умов Сумщини можна зробити висновок, що при мінімальних показниках розрахункова раціональна робоча швидкість становить 14,09 км/год, а при максимальних – 10,03 км/год.

#### **Список використаних джерел**

1. Танчик С. П. Плуг не відмінюється. Пропозиція. 2010. №12. С. 76–77.
2. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту в Україні. Київ: ТОВ ВД "ЕКМО", 2007. 42 с.
3. Карабаницкий А. П., Чеботарев М. И. Комплектование энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов: Учеб. пособие. Краснодар: КубГАУ, 2012. 97 с.
4. Маслов Г. Г., Карабаницкий А. П., Палапин А. В. Основные принципы комплектования машинно-тракторных агрегатов: методические указания. Краснодар: КубГАУ, 2012. 60 с.
5. Таценко О. В. Обґрунтування показників роботи посівного комплексу ALCOR 7,5 для умов Сумщини. Вісник Сумського національного аграрного ун-ту: науковий журнал. Серія «Механізація і автоматизація виробничих процесів». Суми, 2018. Вип. 11. С. 76-80.

УДК 631.356.46

**УНИВЕРСАЛЬНИЙ КОПАТЕЛЬ-ВАЛКОУКЛАДЧИК КПУ-1.4**Комлач Д.И.<sup>1</sup>, к.т.н., генеральний директор,Воробей А.С.<sup>1</sup>, к.т.н., научний співробітник,Ракова Н.Л.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,Гарост П.Н.<sup>2</sup>, інженер<sup>1</sup>РУП «НПЦ НАН Білорусі по механізації сільського господарства»<sup>2</sup>УО «Білоруський державний аграрний технічний університет»

**Введение.** Особенности уборки картофеля в Республике Беларусь заключается в ее большой энергоемкости, что обусловлено переработкой значительного количества почвенной массы, поступающей в машину (100 кг/с с 1 метра рядка). В этой массе убираемые клубни составляют 2-3 %. [1].

При минимальной уборке все находящиеся в почве клубни должны быть выкопаны и выделены из почвенного вороха без повреждений. И если с этой задачей комбайны успешно справляются на легко сепарируемых почвах, то на трудно сепарируемых почвах они не обеспечивают качественную уборку.

**Основная часть.** Учеными РУП «НПЦ НАН Білорусі по механізації сільського господарства» разработано сепарирующее устройство, обеспечивающее качественное отделение растительных примесей.

Теоретические и экспериментальные исследования этого устройства позволили создать универсальный копатель-валкоукладчик КПУ-1,4 с новым вальцовым ворохоочистителем, позволившим качественно убирать не только картофель, а также овощные (свеклу и морковь) и луковичные культуры с отделением убираемой культуры от почвы и растительных остатков, с дальнейшей укладкой очищенной продукции на прикатанную поверхность убранного поля (рисунок 1 и 2).

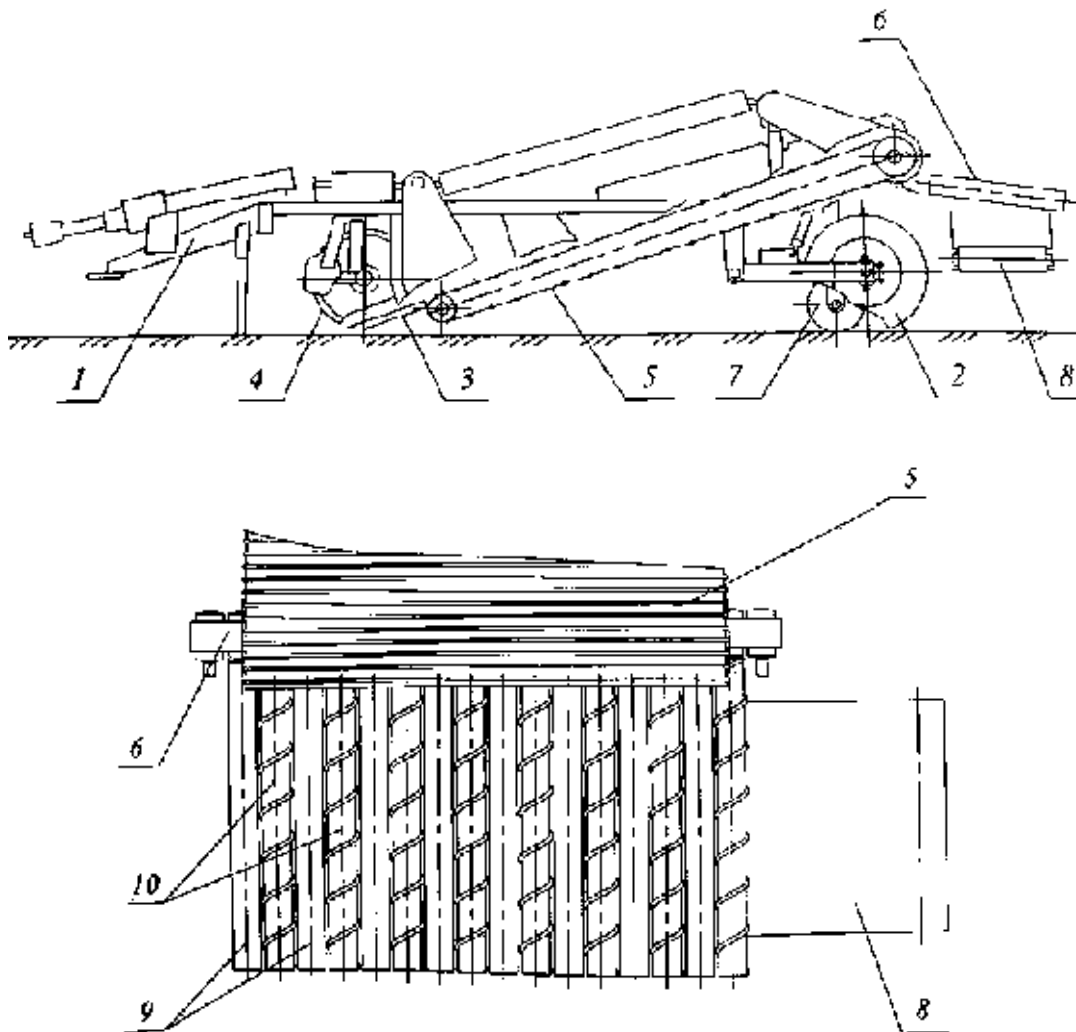
Копатель состоит из следующих основных узлов: несущей рамы 1 с ходовыми колесами 2, подкапывающего лемеха 3, подрезающих дисков 4, пруткового элеватора 5, вальцового ворохоочистителя 6, прикатывающего катка 7, выносного транспортера 8, гладких вальцов 9 и вальцов с навивкой 10. Для выравнивания и уплотнения убранной поверхности поля копатель оборудован прикатывающим катком 7, выполненным в виде гладкого стального цилиндра. Привод рабочих органов копателя осуществляется от вала отбора мощности трактора через карданный вал и гидромотор. Ворохоочиститель выполнен из вращающихся попарно навстречу друг другу вальцов гладкой формы и вальцов с винтовой навивкой.



Комплект для уборки картофеля состоит из: копирующих катков, подкапывающего битера, нагребного битера и боковых подрезающих дисков.

Для уборки лука применяются следующие рабочие органы: копирующие катки, лемеха на крепежных опорах, боковые подрезающие диски.

Для уборки овощных культур (свекла, морковь) передние копирующие катки должны быть сняты, а вместо них на поперечной балке рамы устанавливаются опорные колеса.



1 – рама, 2 – ходовые колеса, 3 – подкапывающий лемех, 4 – подрезающие диски, 5 – прутковый элеватор, 6 – вальцовый ворохоочиститель,  
7 – прикатывающий каток, 8 – выносной транспортер. 9 – гладкие вальцы, 10 – вальцы с навивкой

**Рис. 1. Конструктивная схема копателя \КПУ – 1,4**



**Рис. 2. Общий вид копателя КПУ-1,4**

Копатель работает следующим образом. Диски 4, подрезая края борозды, направляют пласт почвы с картофельным ворохом на подкапывающий лемех 3 и далее для сепарации на элеватор 5. С подающего транспортера очищенный от земли ворох поступает на ворохоочиститель 6, где происходит отделение клубней от ботвы и других растительных остатков путем защемления последних в зазоре между вращающимися навстречу друг другу вальцами 9 и 10. Отделившаяся ботва и растительные остатки поступают с ботвоудаляющего устройства 6 на поперечный транспортер 8, который выносит их на поверхность убранного поля.

Одновременно вальцы 10 с помощью винтовой навивки перемещают очищенные от растительных остатков и комков почвы клубни картофеля вдоль ботвоудаляющего устройства и сгружают их на поле сзади по ходу движения агрегата, формируя с помощью кожуха валок. Попарное вращение навстречу друг другу вальцов гладкой формы и вальцов с винтовой навивкой обеспечивает надежное защемление ботвы и ее отделение от клубней.

При уборке в сдвоенный валок поле убирается через два ряда, как и при уборке в валок, затем выносной транспортер перемещается в крайнее заднее положение и меняется движение ленты выносного транспортера, благодаря чему формирование валка из клубней происходит справа по ходу трактора, а вынос растительных остатков происходит сзади копателя.

При уборке в комплексе с картофелеуборочным комбайном поле убирается копателем через два ряда, при этом выкопанные и очищенные от примесей клубни укладываются поперечным транспортером в смежное междурядье, а вынос растительных остатков происходит сзади копателя. Затем картофелеуборочный комбайн производит уборку двух рядов с уложенными клубнями картофеля. Такая техноло-

гия уборки позволяет снизить затраты на ремонт и обслуживание комбайнов, а также снизить повреждаемость клубней картофеля шинами уборочных агрегатов.

Таблица 1.

**Техническая характеристика копателя**

Наименование показателей	Численное значение
Тип копателя	полуприцепной
Агрегатирование	трактор класса 1,4
Производительность, га/ч:	
- сменного времени	0,32-0,38
- основного времени	0,42-0,50
- эксплуатационного	0,30-0,36
Удельный расход топлива, кг/га	14,6
Ширина захвата, мм	1400
Рабочая скорость движения агрегата, км/ч	3-5
Высота падения продукции, мм	750

По данным приемочных испытаний установлено, что при скоростях 3,0-3,8 км/ч потери культуры составляют до 0,8 %, полнота выкапывания 99,2 %, повреждения клубней – 0,6 %, количество примесей в выкопанном валке до 2,7 %, что соответствует требованиям технических условий. Использование универсального картофелекопателя-валкоукладчика КПУ-1,4 как самостоятельно, так и в комплексе с картофелеуборочным комбайном позволит значительно снизить прямые затраты на уборке картофеля и овощей.

**Список литературы**

1. Верещагин, Н.И., Пшеченков К.А., Герасимов В.С. Уборка картофеля в сложных условиях. М.: Колос, 1983. 208с.

УДК 636:631.862

**ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ БІОЛОГІЧНИХ СПОСОБІВ ПЕРЕРОБКИ ГНОЮ НА ОРГАНІЧНІ ДОБРИВА**

Курашкін О.С., студ.,

Скляр Р.В., к.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

*Постановка проблеми.* Зростання чисельності населення стимулює попит на продукцію сільського господарства. У свою чергу, збільшення на ринку продукції агропромислового комплексу, зокрема, серед галузей тваринництва, негативно впливає на навколишнє середовище [1,2], забруднюючи його відходами тваринницьких підприємств. Гній тварин містить в собі різноманітні бактерії і мікроорганізми, тому не своєчасна його утилізація може стати джерелом хвороб та інфекцій, забруднюючи ґрунт і підземні води [1-3], завдаючи значної шкоди як сільськогосподарським угіддям, так і мешканцям довколишніх населених пунктів.

*Виклад основного матеріалу.* Основна мета переробки відходів тваринництва – нейтралізація їх негативного впливу, одночасне отримання високоякісного органічного добрива, і, відповідно, забезпечення безвідходності сільськогосподарського виробництва. На даний момент багато тваринницьких підприємств недбайливо ставляться до утилізації органічних відходів, тому виникає необхідність у розповсюдженні і впровадженні доступних, технологічних, рентабельних систем їх утилізації і переробки. Проекти таких систем повинні забезпечувати [1,3]: економічність будівництва і експлуатації споруд; дотримання санітарно-гігієнічних вимог, екологічної безпеки у виробництві; технологічність, окупність. Під час переробки гною повинні бути вирішені завдання [3]: видалення запахів; отримання високоякісних органічних добрив; знищення шкідливих мікроорганізмів, насінин бур'янів; зменшення собівартості вироблених добрив. Існують наступні методи переробки гною на органічні добрива [1-4]: хімічні (обробка гною хімічними речовинами), біологічні (компостування, біотермічна твердофазна ферментація, анаеробна ферментація, вермикультивування), фізичні (механічне зневоднювання, вакуумне сушіння, термічне сушіння, газифікація). Розглянемо основні технології, що входять до біологічного методу переробки гною на органічні добрива.

Компостування - екзотермічний процес біологічного окислення, в якому органічний субстрат піддається аеробному біологічному розпаду. У процесі компостування зберігається 60...70% біогенних елементів, гинуть патогенні мікроорганізми, гельмінти, насіння бур'янів

[3,4]. Процес компостування можливий тільки в певних умовах, за достатньої вологості і щільності суміші, наявності кисню. Так, для приготування компосту, повинен бути використаний гній вологістю не більше 92%, інакше різко зростає потреба в наповнювачах (торф, солома) і зменшується цінність одержуваних добрив. Перевагою способу є невисокі капітальні вкладення і енергетичні витрати. До недоліків способу відносяться: необхідність наявності спеціальних майданчиків, висока продажна ціна при промислових об'ємах виробництва [3, 5].

Біотермічна твердофазна ферментація [5] відрізняється від традиційного компостування можливістю її проведення у максимально короткі строки, які можуть досягати 7...10 днів. За такого способу переробки, високоякісне органічне добриво отримується завдяки змішуванню гною з органічними відходами рослинництва, а також інтенсивній аерації і термічним процесам, що відбуваються у субстраті. Перевагою даного способу є отримання у максимально короткі строки високоякісного органічного добрива, подібного до гумусу. У порівнянні з компостуванням, втрати поживних речовин за такого способу значно менші. Серед недоліків: необхідність у великих виробничих площах, недостатня розповсюдженість і складність наладки ферментаторів [2].

Анаеробна ферментація – це процес зброджування при певному температурному режимі органічного субстрату у безкисневому середовищі, з подальшим його розкладанням на такі складові: органічне добриво, біогаз, рідка фракція. Перевага добрив, що одержуються шляхом ферментації, полягає в збереженні в амонійній формі практично всього азоту, що міститься у сировині. Отримане добриво у порівнянні зі звичайним, внесеним в еквівалентних дозах, підвищує врожайність сільськогосподарських культур на 10...20 %, виключає забруднення ґрунтових вод. А одержана рідка фракція може бути використана як добриво для підкореневого підживлення сільськогосподарських культур [3,7].

Іншим продуктом анаеробної ферментації є біогаз [6] – горюча газова суміш, що складається на 55...70 % з метану ( $\text{CH}_4$ ), на 30...45 % з вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ) і, в невеликій кількості, інших речовин. Отриманий біогаз може бути використаний для виробітку електроенергії, обігріву приміщень. Таким чином, не зважаючи на початкові капітальні вкладення в біогазові установки та необхідні виробничі площі, переробка гною шляхом анаеробної ферментації є повністю рентабельною та безвідходною [8,9]. Вермикультивування – перспективна біотехнологія, сутність якої полягає у використанні дощових або гнойових хробаків для переробки субстрату шляхом його трансформування у кишковій порожнині і подальшому виділенні у вигляді копролітів. Продуктом вермикультивування є біогумус. Він містить в собі велику кількість макро- і мікроелементів, вітамінів, антибіотиків, а також гумінової кислоти. Внесення біогумусу [4] сприятливо впливає на стан сільськогосподарських культур, а також на агрохімічні, фізико-хімічні і біологічні



властивості ґрунту. Переробка гною вермикультивуванням дозволяє отримати високоякісне органічне добриво при порівняно невеликих капітальних вкладеннях.

*Висновки.* За певних умов кожна з описаних технології переробки гною на органічні добрива може використовуватися з високою ефективністю, а саме, забезпечити: вихід якісного, рентабельного кінцевого продукту; часткову або повну безвідходність сільськогосподарського виробництва. Однак, для отримання максимальної вигоди необхідно грамотно підходити до вибору тієї, чи іншої технології, враховуючи всі показники (обсяги і спеціалізацію тваринницького підприємства, клімат, шляхи реалізації отриманих добрив тощо), що можуть вплинути на кінцевий результат.

### ***Список використаних джерел.***

1. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
2. Болтянська Н.І. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
3. Войтов В.А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100-109. DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-100-109.
4. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва. Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 298-304.
5. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Біотермічна твердофазна ферментація гною. Праці ТДАТА. Мелітополь, 2008. Вип. 8. Т.3. С. 145-150.
6. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз роботи біогазових установок. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. Вип. № 10 (109). ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. С. 132-138.
7. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Властивості біодобрив, що отримуються після анаеробної ферментації гною. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 13. Т.3. С.110 -118.
8. Скляр Р.В. Напрями використання органічних ресурсів у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С.210-217.
9. Скляр Р.В. Методологія оптимізації ресурсовикористання у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С. 245-251.

УДК 631.312.021

## ПОЛИЦЕВИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В УМОВАХ ВЕДЕННЯ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Стрижка Є.С., магістрант

Третьяк І.Л., магістрант

Волик Б.А., к.т.н.

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м.  
Дніпро, Україна*

**Постановка проблеми.** Як відомо, система органічного землеробства спрямована на максимальне адаптацію виконуваних технологічних процесів до ґрунтово-кліматичних умов та біологічних особливостей культур. З точки зору обробітку ґрунту принциповою відмінністю є наявність в поверхневому шарі до 15 см підвищеної кількості рослинних решток, які ще не повністю пройшли стадію гуміфікації. Тому, як наслідок, консолідація ґрунту буде заниженою. Це робить проблематичним використання традиційних полицевих робочих органів. В той же час не зважаючи на різні тенденції та погляди на систему землеробства, обробіток ґрунту з обертом шару найближчим часом буде практикуватись, в тому числі, і в органічному землеробстві, але потрібен робочий орган, спеціально адаптований до цієї системи. Основних проблем дві. По-перше, лемеш адаптований до роботи в умовах підпірного різання і в умовах заниженої консолідації втрачає ефективність. По друге, втрачає ефективність польова дошка, бо вона практично втратила опору в вигляді стінки борозни. Проблема польової дошки успішно вирішена у плузі-букері. Завдяки плоскій формі полиці і від'ємному куту постановки леза лемеша до стінки борозни від дошки стало можливим відмовитись, що успішно втілено в серійній машині (рис.1) виробництва ДП «Гуляйпільський механічний завод» ПАТ «Мотор-січ» Машина подібної конструкції широко використовувалась на півдні України в 19 та початку 20 століття. Тому конструкція добре відпрацьована в посушливих умовах на малих робочих швидкостях. В умовах заниженої консолідації ґрунту лемеш просто горне ґрунт.

**Огляд конструкцій і досліджень** З огляду досліджень, нами встановлено, що більшість авторів схиляються до двох варіантів вирішення проблеми.

- введенням додаткових ріжучих елементів, реакція яких спрямована в протилежний бік, та перерозподілом напрямку діючих сил, шляхом зміни кутів постановки ріжучих елементів.



**Рис. 1. Серійний зразок плуга-букера виробництва ДП «Гуляйпільський механічний завод» ПАТ «Мотор-січ»**

В ДДАЕУ запропонована конструкція корпусу плуга-букера на основі лемеша власної конструкції. (рис.2).



**Рис. 2. Розрахункова схема лемеша плуга-букера розробки ДДАЕУ:**

**1 – ділянка лемеша з гострим кутом атаки; 2 – ділянка лемеша з тупим кутом атаки; 3 – полиця; 4 – стояк.**

В ході експериментальних досліджень було відмічено, що конструкція в умовах підпiрного рiзання добре компенсує дiю поперечних складових тягового опору. Проте в умовах органiчного землеробства вона продовжує горнути ґрунт. Таким чином, лемеш повинен мати

більшу обтічність, що дозволить йому розшарувати ґрунт і передавати його на поверхню полиці.

Існує досвід розробки стрільчастої лапи підвищеної обтічності [2]. Методика основана на залученні методів біоніки. Експериментальні дослідження показали правомірність такого підходу. В нашій роботі ми скористаємось цими напрацюваннями.

**Мета роботи.** Обґрунтування конструкції лемеша підвищеної обтічності адаптованого для роботи у складі плужного корпусу в умовах заниженої консолідації ґрунту

#### Основний матеріал досліджень

Проаналізувавши будову тіла ряду морських тварин, ми прийшли до висновку, що тіло чорноморського скату хвостокору найбільш підходить для прийняття в якості біологічного аналогу. (рис.3)



Рис. 3. Загальний вид біологічного прототипу - чорноморського морського скату-хвостокору

Використовуючи методичні підходи [2] нами розроблені геометрична модель (рис.4) і регресійна модель ріжучого периметру, що є основою розрахункової схеми

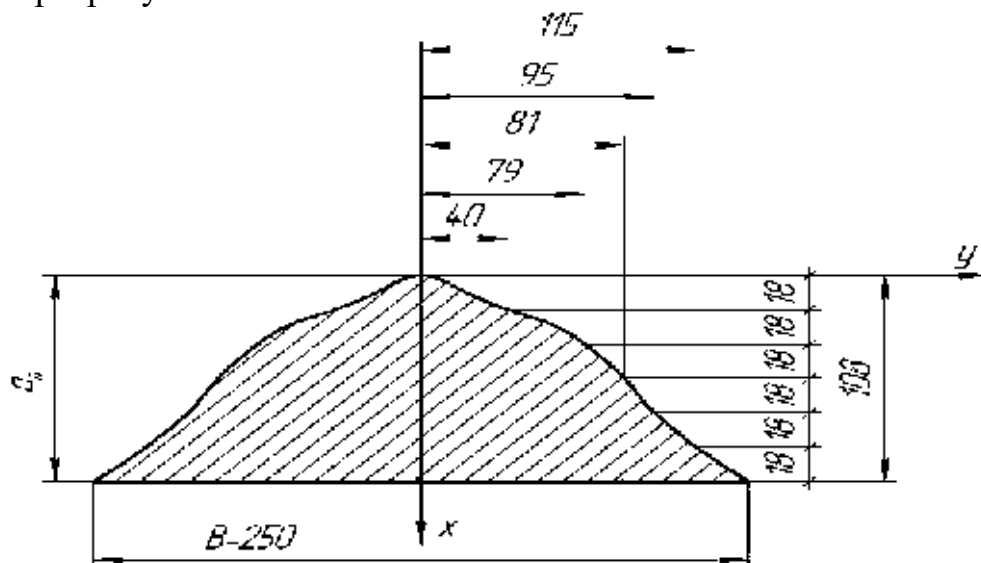


Рис. 4. Геометрична модель лобової частини скату-хвостокору

Модель розроблена з урахуванням критеріїв подібності [6]. Аналізуючи числовий масив що описує геометричну модель нами отримане рівняння регресії

$$Y = 56,48 \cdot X^{0,2642}$$

Рівняння (1) описує профіль ріжучого перимера і його можна взяти за основу при проектуванні робочого органу. Наступну адаптацію до роботи в ґрунтових умовах можна виконати на основі методики [5]

#### **Висновки.**

Запропонована конструкція лемеша має підвищений рівень обтічності, що дозволяє зменшити тяговий опір знаряддя. Використання в процесі розробки методів біоніки, гарантовано робить конструкцію працездатною і як показує практика [2], потреби в подальшій адаптації до роботи в ґрунтових умовах не виникає.

#### **Список використаних джерел**

Волик Б. А., Теслюк Г. В., Коновий А. В. Формування конструктивних параметрів ґрунтообробних машин методами моделювання технологічного процесу/Науковий вісник ТДАТУ : електронне наукове фахове видання. Мелітополь:2020 –Вип.10. т1. С. 11-12.

2. Михайлов Є.В. Волик Б.А., Теслюк Г.В., Коновий А.В.Обґрунтування конструктивної схеми стрільчастої лапи на основі біологічного прототипу Праці ТДАТУ. Мелітополь. 2019. Вип. 19, т.3. С.37-46 (DOI :10.31388/2078-0877-19-3-37-45)

3. Кленин Н. И. Сакун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Колос, 1980. 671 с.

4. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навчальний посібник / А. С. Кобець, Т. Д. Іщенко, Б. А. Волик, О. А. Демидов. Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. 84 с.

5. Панченко А. Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями. Днепропетровск: ДГАУ, 1999. 140 с.

6. Штерензон В. А. Моделирование технологических процессов: конспект лекций. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та. URL:<http://www.rsvpu.ru/filedirectory/3468/shterenzon.pdf>



УДК 631.363.2

## СУЧАСНІ МЕТОДИ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГРАНУЛЮВАННЯ КОМБІКОРМІВ

Комар А.С., інж.

Болтянська Н.І., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Завдання комбікормової промисловості забезпечити тварин всіх видів і вікових груп повноцінним кормом. Комбікормова промисловість виробляє суміші з різних компонентів (видів сировини), комбінуючи їх в самих різних поєднаннях і пропорціях. Суміш складається таким чином, щоб недоліки (низький вміст білка, нестача вітамінів і т. д.) одних компонентів компенсувати перевагами інших. Гранулювання це процес стиснення розсипних кормів до певної щільності з отриманням гранул циліндричної форми. Гранулювання комбікормів відбувається двома способами – сухим і вологим. Найбільш поширений спосіб – це сухе гранулювання, тому що при вологому існує необхідність сушіння гранул, що ускладнює і стримує їх виробництво [1-3]. Існує кілька схем прес-грануляторів: Преси з плоскою горизонтальною матрицею, що обертається. Ролики можуть бути конічними і циліндричними з активним і пасивним приводом. У пресах з циліндричними роликами через різницю окружних швидкостей нерівномірно зношуються матриці і ролики. Основним недоліком є те, що при певній окружній швидкості відбувається віднесення матеріалу під дією відцентрових сил до периферії матриці і, як наслідок, нерівномірне навантаження на її робочу поверхню. Особливістю схеми з кільцевою вертикальною матрицею, що обертається, є те, що коли через формуючі отвори матеріал продавлюється пресуючими пасивними роликами, є рівність окружних швидкостей по лінії контакту матриці і роликів, тому тертя між ними відсутнє і вся енергія витрачається на пресування. На прес-грануляторах встановлюються кільцеві матриці з отворами різних діаметрів, в залежності від виду корму. Довжина гранул контролюється положенням ножів [4-6].

Прес-гранулятор оснащений системою прогріву матриці перед початком роботи, для запобігання втрат продукту при запуску в експлуатацію, а також для запобігання утворення конденсату, коли пара потрапляє на холодну матрицю. По завершенні процесу гранулювання відбувається продування всього маршруту проходження продукту гарячим повітрям для запобігання утворення бактерій. Можливість швидкої, легкої заміни матриць і роликів при переході з одного діаметра гранул на інший, дозволяє скоротити простої устаткування. Система

управління робить процес гранулювання простим і зрозумілим навіть для не фахівця в області гранулювання. Автоматична системи змащення забезпечує надійну роботу всіх самих навантажених вузлів прес-гранулятора, виключаючи людський фактор [7-9]. При виробництві комбікорму нерідко використовують процес гранулювання в дробильних машинах. Прес-гранулятор ПГ-660 для сухого гранулювання, продуктивністю 22 т/год. Процес роботи преса наступний: розсипний комбікорм з витратного бункера, пройшовши через магнітний сепаратор, щоб уникнути попадання в прес металевих частинок, надходить за допомогою дозатора-живильника в змішувач. У змішувачі комбікорм пропарюють парою, який подається під тиском до 0,5 МПа. Витрата пари становить 60-80 кг на 1 т комбікорму. Обробка комбікормів паром перед пресуванням підвищує температуру комбікорми і його вологість, знижує в'язкість меляси – все це сприяє поліпшенню якості гранул, підвищенню продуктивності преса і зниження витрат електроенергії. Основним робочим органом гранулятора є кільцева матриця, що обертається, бельгійської фірми Stolz і два пресуючих ролика. Матриця являє собою товстостінне кільце, в якому по радіусу виконані отвори, що представляють собою канали круглого перетину. Між внутрішньою поверхнею матриці і пресуючими роликами утворюються клиноподібні зазори. У ці зазори надходить продукт, в результаті обертання матриці і тертя продукту починають обертатися пресуючі ролики.

Щоб підвищити коефіцієнт тертя між продуктом і роликом, на поверхні ролика роблять поздовжню нарізку. Продукт продавлюється через отвори матриці, попередньо ущільнюючись в клиновидному зазорі. У міру руху продукту в зазорі підвищується тиск, а коли напруги стиснення перевищать опір продукту, раніше запресованого в каналах матриці, чергова порція сировини починає продавлюватися в канали. Проходячи через канали, продукт набуває розмірів і форми, що відповідають розмірам і формі каналів. Щільність гранул становить 1,3–1,6 т/м<sup>3</sup>. Насипна вага гранульованого комбікорму 1–1,2 т/м<sup>3</sup>, тоді як розсипного 0,5 т/м<sup>3</sup>.

Підвищення міцності та зниження енергоємності досягається шляхом додавання в'язучих речовин, таких як меляса, жир, які є також поживними компонентами. Регулювати міцність гранул можна змінюючи зазор між матрицею і пресуючим роликом. Зі зменшенням зазору підвищується тиск в зоні пресування і гранули виходять більш міцними. З метою збільшення кількості жиру в гранулах наносять жир на поверхню готових гранул. Для ущільнення комбікормів і повнораціонних кормових сумішей з включенням соломи широко застосовується прес-гранулятор ДГ-І, що включає шнековий живильник, лопатевий одновальний змішувач, прес і комунікації для подачі в змішувач пари і меляси. Величину подачі маси регулюють частотою обертання

шнека. Для подачі води і пари в зоні розвантажувального отвору живильника передбачені форсунки і колектор. Крім цього, у верхній частині змішувача встановлені три форсунки для подачі рідких компонентів. Пара подається через редуктор тиску, що знижує тиск до 0,3–0,4 МПа, який контролюється за показниками манометра. Прес ДГ-І комплектують вертикальною охолоджувальною колонкою ДГ-ІІ і розкрошувачем гранул ДГ-ІІІ, використовуваним при необхідності подібнення гранул в крупку (для курчат). Валки розкрошувача рифлені – на провідному вальці рифи нарізані гвинтовими з нахилом до осі 2°, на відомому – 87°. В лінію монтується також машина для просіву.

Устаткування ОПК-2 поставляється в наступних виконаннях: ОПК-2,0 – універсальне – для брикетування і гранулювання кормів; ОПК-2,0-1 – для гранулювання комбікормів і трав'яного борошна; ОПК-2,0-2 – для брикетування сумішей. ОПК-2,0 включає прес-гранулятор, змішувач-живильник, системи подачі кормів, накопичення і дозування, охолодження і сортування. Управління електроприводом здійснюється від двох електрошкафів.

Прес – основна складова частина обладнання. Він призначений для здійснення основних технологічних операцій – гранулювання і брикетування кормів. Складається з редуктора, змінних пресуючих складальних одиниць (для гранулювання і брикетування), підйомника і електродвигуна. Редуктор і електродвигун змонтовані на загальній плиті, їх вали з'єднані муфтою. Складальна одиниця для гранулювання служить для приготування гранул комбікормів або трав'яного борошна. Основні частини – кільцева матриця з радіальними отворами, два пресуючих вальці, блок напрямних лопаток, плита з муфтою для приводу робочих органів змішувача-живильника і приймач. Змішувач-живильник призначений для безперервного перемішування зволоженого корму і примусової подачі його в камеру пресування преса. Складається з циліндричного корпусу з відкритим вивідним кінцем і двома завантажувальними горловинами, консольного шнека і мішалки, колектору для підведення пари. Змішувач може переміщатися на опорних роликах по напрямних і в робочому положенні кріпиться до пресу фіксаторами. Система забору січки призначена для прийому трав'яної і солом'яної січки і транспортування її в змішувач-живильник. Складається з пневмотрубопроводу, заборника трав'яної січки, вентилятора, циклону з шлюзовим затвором і ланцюгово-планчатого транспортеру. Солом'яна січка завантажується в пневмотрубопровод через шлюзовий затвор, а трав'яна січка з сушильного агрегату – в забірник січки. Основною умовою виготовлення гранульованих кормів є дотримання вимог санітарії і безпеки продукту. Обсіменені бактеріями забруднені мікотоксинами, прогірклі корми є одним з найбільш значущих «ворогів» сучасного тваринництва і можуть привести

до серйозних захворювань і падежу, тим самим різко знижуючи ефективність виробництва і якість продукції. Ринок комбікормів щорічно додає по 10–12%. У процесі гранулювання знищується до 95% колоній цвілевих грибів, що виробляють токсини. Одним з важливих переваг процесу гранулювання є не тільки зведення до мінімуму ризику зараження сальмонельозом, але і поліпшення споживання корму, зменшення запиленості кормів і їх розшарування в процесі доставки і згодовування. Залежно від вологості кормосуміші в процесі гранулювання виходять гранули з різними структурно-механічними характеристиками.

#### *Список використаних джерел*

1. Комар А. С. Розробка конструкції преса-гранулятора для переробки пташиного посліду. Зб. наукових-праць Міжн. наук.-практ. конф. «Актуальні питання розвитку аграрної науки в Україні». Ніжин, 2019. С. 84-91.

2. Болтянська Н. І. Аналіз технічних засобів для пресування кормів. Науковий вісник ТДАТУ. 2018. Вип.8. Т.2.

3. Комар А.С. Переробка пташиного посліду на добриво шляхом його гранулювання Матеріали V Міжн. наук.-пр. конф. «Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва» (23-24 травня 2019 р.). Умань, 2019. – С. 18-20.

4. Комар А. С. Аналіз конструкцій пресів для приготування кормових гранул та паливних брикетів. Науковий вісник ТДАТУ. 2018. Вип.8. Т.2. С. 44-56.

5. Болтянська Н. І. Аналіз конструкцій шестеренних пресів-грануляторів. Науковий вісник ТДАТУ. 2018. Вип.8. Т.2.5. Болтянська Н.І. Зниження енергоємності виробництва продукції тваринництва за рахунок скорочення енергії на кормоприготування. Інженерія природокористування. 2018. №1(9). С. 57–61.

6. Болтянська Н. І. Визначення умови економічної доцільності підвищення надійності прес-гранулятора. Вісник ХНТУСГ, «Проблеми надійності машин». 2019. Вип. 205 С. 398-405.

7. Комар А. С. Кількісні показники економічного аналізу надійності прес-гранулятора з нерухомою матрицею. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 97–104.

8. Комар А.С. Доцільність гранулювання і брикетування кормів для тварин і птиці Матеріали VII-ї Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» (5-28 грудня 2018 року). Глеваха, 2019. С. 47-49.

9. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158.

УДК 631.171

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ  
ПАСТЕРИЗАЦИИ МОЛОКА В ЛИНИИ СКВАШИВАНИЯ  
МОЛОКА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТВОРОЖНОГО СЫРА**

Якубовская Е.С., ст. преп.,

Глобаз Д.И., студ.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь*

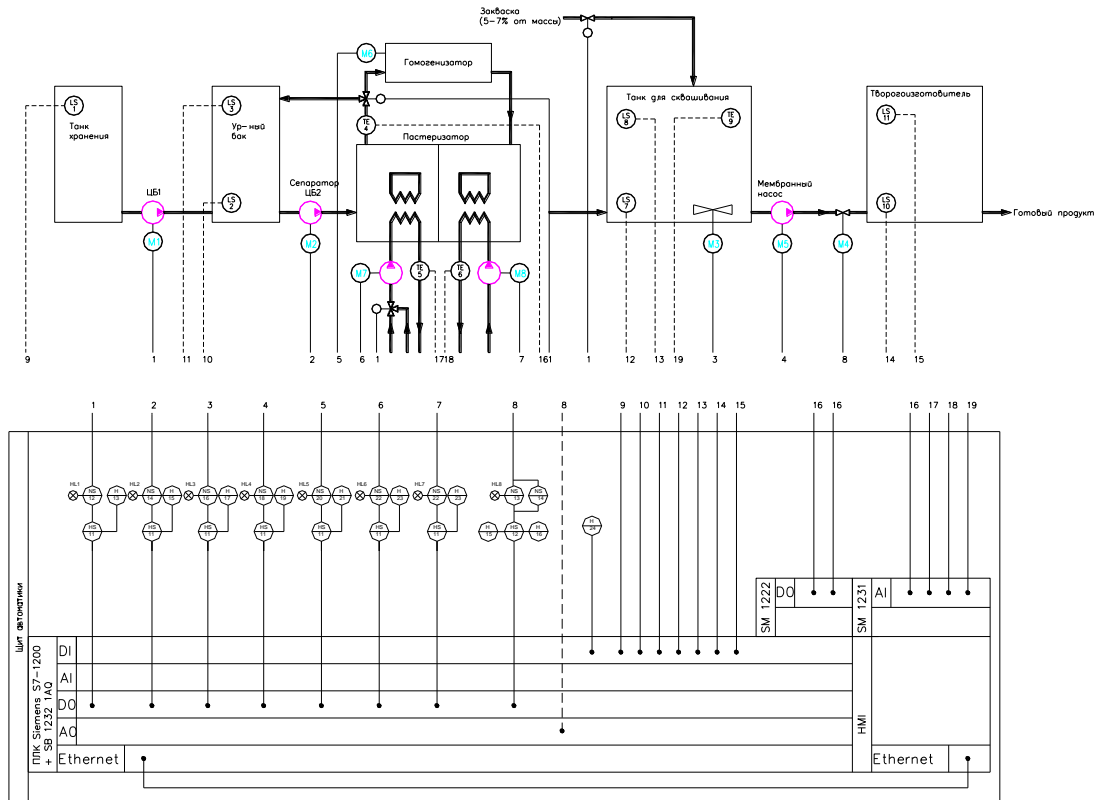
Качество производства продукции определяется точностью поддержания технологических параметров. Обеспечить требуемую точность можно при использовании современных микропроцессорных средств управления. Однако и в этом случае для обеспечения эффективной работы таких устройств требуется обеспечить их настройку, что требует проведения моделирования работы системы в целом.

Процесс приготовления творожного сыра является процессом весьма сложным [1], требующим контроля и поддержания основных технологических параметров: строгая дозировка молока и закваски; поддержание соответствующей температуры в пастеризаторе и в танке для сквашивания; обеспечение выдержки на перемешивание молочного сырья с закваской и т.д. Для обеспечения управления процессом требуется некоторый объем технических средств, представленных на схеме автоматизации (рис. 1.)

К значимым технологическим параметрам в процессе сквашивания молока при приготовлении творожного сыра относится температура молока при пастеризации, а также в танке-созревателе. В танке-созревателе происходит остывание, поэтому достаточно просто обеспечить контроль температуры. А в пастеризаторе необходимо поддерживать температуру пастеризации с помощью контура регулирования. Так как температура молока поддерживается за счет горячей воды, циркулирующей в пастеризационной установке, то можно изменять температуру воды для поддержания температуры молока. Температура воды обеспечивается за счет впрыскивания пара. Если изменять расход пара, то будем изменять и температуру воды. Расход пара будем изменять клапаном непрерывного действия, который воспринимает изменяющийся сигнал напряжения. Сложность поддержания температуры в данном случае состоит в том, что это поточный процесс. Поэтому при реализации автоматического регулирования на базе контроллера требуется предварительно



моделировать процесс, а для этого необходимо знать математическое описание всех звеньев системы, в первую очередь объекта управления.

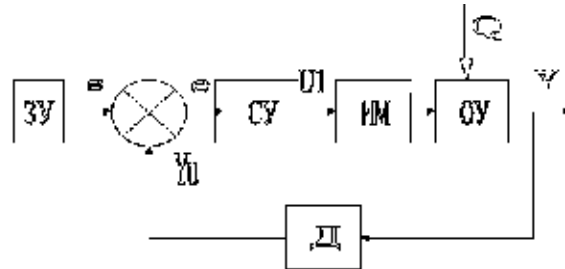


**Рис. 1. Схема автоматизации линии сквашивания молока для приготовления творожного сыра**

Итак, объектом управления является пастеризационная установка, в которой необходимо обеспечивать температуру пастеризации молока (рис. 2). Управляемым сигналом является температура молока на выходе пастеризатора, которую обозначим через  $Y$ . Температура молока на выходе пастеризатора измеряется датчиком  $D$  и подается в сравнивающее устройство (СУ) – контроллер, формирующий управляющий сигнал  $U1$ , который прикладывается к исполнительному механизму – клапану. Клапан устанавливает расход пара и, тем самым изменяет температуру горячей воды  $\Theta_v$ .

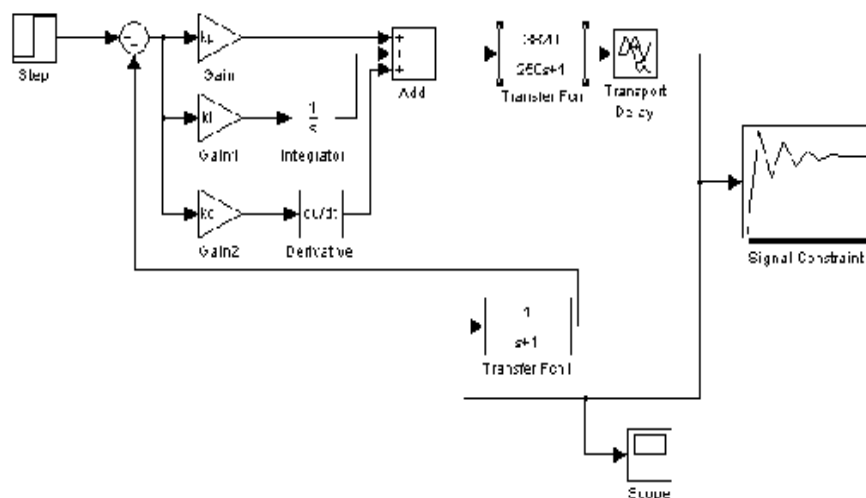
Для математического анализа переведем функциональную схему рисунка 2 в структурную (рис. 3). Для этого необходимо знать математическое описание всех звеньев. Передаточная функция объекта управления получена на основании физических законов в соответствии с методикой идентификации объектов [2, с. 109]. Передаточные функции других звеньев взяты согласно справочным данным [3]. Регулятор на схеме представлен 3 составляющими звеньями: пропорциональным (коэффициент настройки  $k_p$ ), интегральным (коэффициент настройки  $k_i$ ), дифференциальным (коэффициент настройки  $k_d$ ).

Оптимизацию системы проведем по переходной функции объекта согласно структурной схеме рисунка 3 в пакете MATLAB, подав на вход единичное ступенчатое воздействие и задав следующие ограничения согласно рекомендациям [4, с.540]: перерегулирование  $\leq 20\%$ ,  $\sigma_{ст} = 0$ ,  $t_{рег}$  не более 200 с.



**Рис. 2. Функциональная схема системы автоматического регулирования температуры:**

ЗУ - задающее устройство, с помощью которого формируется задающий сигнал  $g$ ; СУ - сравнивающее устройство (контроллер), на выходе которого формируется управляющий сигнал  $U1$ ; ИМ - исполнительный механизм, выходной сигнал которого  $\Theta_b$  воздействует на объект управления; ОУ - объект управления, выходным сигналом которого является регулируемая переменная  $Y$ ; Д - измерительное устройство (датчик регулируемой переменной), преобразующий величину  $Y$  в величину  $Y_u$ ; Q - возмущающее воздействие

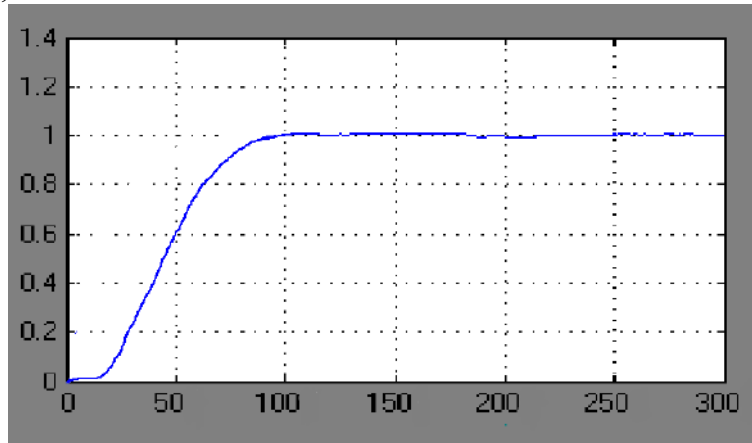


**Рис. 3. Структурная алгоритмическая схема системы автоматического регулирования температуры молока в пастеризаторе, адаптированная для анализа в MATLAB**

Пропорциональный регулятор дает неприемлемое качество регулирования (неустойчивая система). Поэтому проведем подбор приемлемых значений коэффициентов регулятора. Варьируемые переменные -  $k_p$ ,  $k_i$ ,  $k_d$ . В качестве метода оптимизации по умолчанию установлен метод градиентного спуска. Однако при использовании данного метода не удалось получить требуемые показатели переходного процесса. Кроме того, наблюдаются возрастающие колебания (неустойчивый

процесс работы).

Поэтому изменим метод оптимизации на Симплекс метод, где результат гораздо лучше (отсутствуют автоколебания, нет статической ошибки). Зацикливание обеспечивается при параметрах:  $k_d=154.86$ ;  $k_i=0.0438$ ;  $k_p=16.45$ . Качество регулирования характеризуется следующими параметрами (рис. 4): время регулирования 80 с, перерегулирование – нет, статической ошибки нет.



**Рис. 4. Переходная функция системы автоматического регулирования температуры молока в пастеризаторе с оптимальными параметрами**

Таким образом, добиться точности поддержания параметров в процессе пастеризации молока при изготовлении творога позволит микропроцессорная система управления, которая по сигналу датчиков обеспечит точное поддержание температуры пастеризации молока. Найденные в процессе моделирования параметры настройки регулятора ( $k_d=154.86$ ;  $k_i=0.0438$ ;  $k_p=16.45$ ) должны быть установлены в программе контроллера и обеспечат приемлимое качество регулирования, выражаемое параметрами: время регулирования 80 с, перерегулирование – нет, статической ошибки нет.

#### *Список литературы*

1. Карпеня М. М., Шляхтунов В. И., Подрез В. Н. Технология производства молока и молочных продуктов: учеб. пособие. Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2014. 410 с.
2. Фурсенко С.Н., Якубовская Е.С., Волкова Е.С. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие. Минск: Новое знание, М.: ИНФРА-м, 2015. 376 с.
3. Сидоренко, Ю.А. Теория автоматического управления: учебное пособие. Минск: БГАТУ, 2007. 124 с.
4. Дьяконов, В. П. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6® в математике и моделировании. Сер. «Библиотека профессионала». М. : СОЛОН-Пресс, 2005. 576 с

УДК 631.1/631.3:631.5

## ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ ПОСІВНИХ КОМПЛЕКСІВ

Барабаш Г.І., к.т.н., доцент,  
Мікуліна М.О., к.е.н., доцент,  
*Сумський національний аграрний університет*  
М.Суми, Україна

Головною складовою ланок сучасної системи землеробства є механічний обробіток ґрунту та сівба, які в основному забезпечують реалізацію потенційних можливостей зернових та інших культур.

На даному етапі землеробства великого значення набувають науково обґрунтована розробка та впровадження нових ґрунтозахисних і ресурсозберігаючих технологій, застосування яких дозволяє поліпшити структурність ґрунту, підвищити його стійкість проти ерозії, а також скоротити строки та енергетичні витрати при реалізації.

Технологічні процеси по обробітку ґрунту та сівбі є основними складовими частинами зональних науково обґрунтованих систем землеробства. Особливо важливе значення він набуває в сучасних умовах, коли істотно погіршилось ресурсне забезпечення аграрних підприємств.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є розробка та впровадження мінімальних способів обробітку ґрунту, зокрема, суміщення декількох технологічних процесів в один комплексний процес, що зменшує вартість продукції і навантаження на природне середовище. Це стосується також таких технологічних операцій як передпосівний обробіток та сівба. Для їх поєднання використовують посівні комплекси [1] і [2].

При роботі таких посівних комплексів насіння та добрива потрапляють під розпушуючу лапу з подальшим ущільненням ґрунту пневматичним або спіральним котком. Представниками такого типу сівалок вітчизняного виробництва є АТД 18.35, АТД 11.35, АТД 9.35 («Horsch — Агро-Союз»), «Сиріус-10», ОРИОН 9,6 («Червона зірка») та ін [3].

*Посівний комплекс* – це такий набір технічних засобів, поєднаних в одному машинному агрегаті, які за один прохід виконують одночасно декілька технологічних операцій: передпосівний обробіток ґрунту, висів насіння певної культури, внесення стартової дози мінеральних добрив та прикочування поверхневого шару ґрунту.

Немає потреби підкреслювати про доцільність ефективного використання в сільськогосподарському виробництві високопродуктивних машинних агрегатів та комплексів машин.

Проблема вивчення і вдосконалення існуючих систем і комплексів машин в Україні не нова і нею займалися на протязі значного періоду часу. Перші періоди досліджень даної проблеми пов'язані із становленням рівня механізації сільськогосподарського виробництва. Першим дослідником, який у своїх працях заклав методичні основи визначення кількості машин та організації їх використання був академік Свірщевський Броніслав Станіславович. Він визначив такі основні показники ефективності використання парку на той час: середнє річне число роботи трактора; площа, яку обслуговує один трактор; площа, яку обробляє одна машина; процент механізації; показник витрати палива [4].

Обґрунтування раціональних складів і режимів роботи машинних агрегатів повинно спиратися на систему математичних моделей, які відтворюють взаємозалежність між умовами роботи і вимогами до технологічних процесів.

Нами були проведені аналітичні дослідження методом математичного моделювання по визначенню ефективності роботи посівних комплексів вітчизняного виробництва за критеріями техніко-експлуатаційних показників [4.5]. Порівнювались такі посівні комплекси: АТД – 11,35; Сіріус -10; АТД – 9.35, які агрегувались трактором Беларусь 3022-ДЦ. Ці комплекси мають одне теж саме технологічне призначення, але різну конструкційну ширину захвата. Загальна посівна площа складала при цьому 510 га при середньому розмірі поля 170 га, що є характерно для Лісостепу. Норма висіву озимої пшениці складала 200 кг/га, а припосівна доза внесення добрив – 85 кг/га при умові, що агротехнічно допустимий термін сівби – 10 діб.

Результати аналітичних досліджень свідчать про наступне:

1. Необхідність заміни старих конструкцій сівалок новими вітчизняними посівними комплексами нового типу пояснюється тим, що вони за один прохід по полю виконують кілька технологічних операцій, забезпечують високу якість обробітку ґрунту і сівби, збереження вологості і підвищення родючості ґрунтів, суттєво зменшить терміни польових робіт, скоротить витрати паливо-мастильних матеріалів і трудових ресурсів.

2. За результатами математичного моделювання найбільш раціональним посівним агрегатом з точки зору експлуатаційних показників можна вважати агрегат у складі Беларусь 3022-ДЦ + АТД – 11,35. У нього найвища продуктивність 7,7 га/год. при прийнятій робочій швидкості  $V_p = 9,2$  км/год. Погектарна витрата палива у всіх агрегатів практично однакова.

5. Виробнику сільськогосподарської продукції, щоб зробити раціональний вибір посівної техніки з максимальною економічною ефективністю, потрібно звернути увагу на умови використання посівних комплексів: загальний розмір площ посівів, розміри окремих полів, техно-



логії вирощування, які використовують на підприємстві, різноманітність культур, що висіваються, а також на економічний стан підприємства.

### **Список використаних джерел**

1. Бондаренко М.П., Коритник Г.В. Науково обґрунтована система ведення сільськогосподарства Сумської області. Суми: ВАТ «СОД», Видавництво «Козацький вал», 2004. 662 с.
2. Ресурсозберігаючі технології механічного обробітку ґрунту в сучасному землеробстві України / [Примак І.Д., Єщенко В.О., Манько Ю.П. та ін.]; за ред. І.Д. Примака. К.: КВІЦ, 2007. 272 с.
3. Марченко В.В., Котко І.Г., Опалко В.І. Технології та технічні засоби сівби при мінімальному і нульовому обробітку // Аграрна техніка. 2009. № 1. С. 20.
4. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу / [Мельник І.І., Гречкосій В.Д., Марченко В.В., Михайлович Я.М., Мельник В.І., Надточій О.В.]; за ред. І. І. Мельника. Київ: Видавничий центр НАУ, 2004. 85 с.
5. Барабаш Г. І., Зубко В. М., Барабаш О. Г., Хворост Т. В. Методика розробки операційної технології механізованих польових робіт. Суми: ТОВ "Друкарський дім "Папірус", 2016. 130 с.

**УДК 63.631.3**

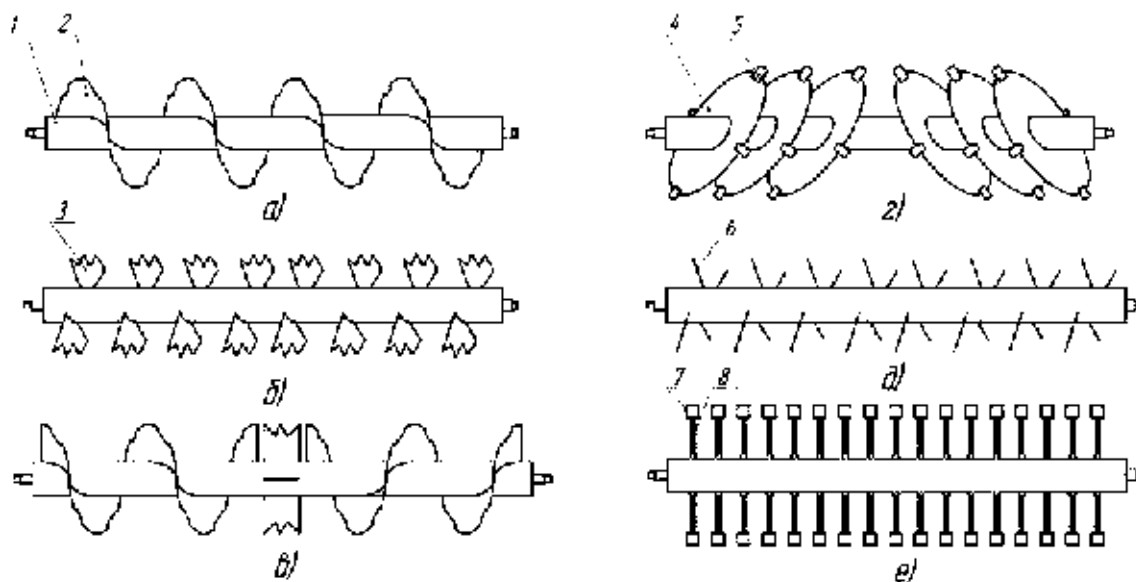
## **АНАЛІЗ РОЗКИДАЛЬНИХ БАРАБАНІВ РОЗКИДАЧІВ ДОБРИВ**

Головченко Г.С., ст викл  
Калнагуз О.М., ст викл,  
Євтушенко О.П., магістр,  
Сумський НАУ, м. Суми, Україна

Технології внесення органічних добрив, що використовують в сільськогосподарському виробництві є відомими і достатньо дослідженими – це прямоточна, перевантажувальна, перевалочна та двофазна технології. Згідно агрономічних вимог [1-3], органічні добрива повинні бути рівномірно розподіленими по полю і своєчасно (не пізніше 2 годин від часу їх внесення) зароблені в ґрунт. Вносять добрива при температурі повітря навколишнього середовища до  $-5^{\circ}\text{C}$ . Машини для внесення добрив повинні забезпечувати наступні технологічні вимоги: нерівномірність розподілення добрив за довжиною проходу і шириною захвату агрегату – не більше 25 %; відхилення фактичної дози від заданої – не більше 10 %; робоча ширина захвату машини – 5-8 м;

тиск ходової системи на ґрунт – не більше 150 кПа; робоча швидкість МТА – 7-12 км/год; доза внесення добрив – 10-80 т/га; робоча ширина захвату – 4-8 м; маса грудок добрив – не менше 70 % від усіх добрив, що розподілені по полю, повинні мати вагу до 0,2 кг. Виробництвом машин для внесення ТОД в європейських країнах займається понад 32 фірми, в США – понад 20 [1]. В основному це кузовні причіпні розкидачі різної вантажопідйомності. Привід робочих органів забезпечується від валу відбору потужності трактора або від його гідравлічної системи.

Добрива, що подаються транспортером, потрапляють до розкидальних пристроїв, що подрібнюють і розподіляють їх по полю. За конструкцією розкидальні пристрої виконуються, в основному, у вигляді барабанів, що можуть мати горизонтальну (рис. 1) і вертикальну осі обертання, розташовуватися з різних сторін причепа, мати різну кількість барабанів та оснащуватися додатковими відцентровими тарілчастими дисками з лопатками [3].



**Рис. 1. Горизонтальні барабани розкидачів органічних добрив.**

Шнекові барабани (рис. 1, а) не забезпечують достатньої якості подрібнення і розподілення добрив. Лопатеві барабани (рис. 1, б) дозволяють збільшити ширину внесення добрив і підвищити рівномірність їх розподілу. Комбінації встановлення лопатей на шнекові барабани (рис. 1, в) дозволяють покращити якість подрібнення добрив. Для збереження родючості українських ґрунтів необхідно систематично збільшувати щорічні об'єми і підвищувати ефективність застосування органічних добрив. Потрібно нагромаджувати, готувати, якісно вносити і заробляти в ґрунт добрива у розрахунку 12 т/га.

### **Список використаної літератури**

1. Хоменко С.М. Обґрунтування параметрів робочих органів машини для внесення твердих органічних добрив: дис. канд. техн. наук : 05.05.11 / С.М. Хоменко ; НААН України, Ін-т механізації та електрифікації сіл. госп-ва. Глеваха (Київ. об.), 2011.

2. Аникеев А.И., Мельник В.И. равномерности распределения органических удобрений по поверхности внесения. Вісник ХДТУСГ. Х., 2002. Вип. 12: Механізація сільськогосподарського виробництва. С. 179-193.

3. Бакум М.В. Сільськогосподарські машини / М.В. Бакум, І.С. Бобрусь, А.Д. Михайлов, М.Г. Доценко, О.С. Вовченко; за ред. М.В. Бакума. Х.: ХНТУСГ, 2008. Ч. 2: Машини для внесення добрив. Т.1. 258 с.

**УДК 636:631.862**

## **КОНВЕРСІЇ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ В ПОВНОЦІННУ ПРОДУКЦІЮ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

Григоренко С. М., асистент,

Скляр Р. В., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Розведення птиць спричиняє не лише отримання прибутку, але й певні труднощі та витрати. Зокрема, треба якось позбавлятися від посліду, і бажано з користю або вигодою для господарств [1,2].

Пташиний послід є серйозною проблемою для усіх, хто пов'язаний з птахівництвом, адже він:

- має неприємний запах;
- роз'їдає більшість лакофарбних матеріалів;
- отруює ґрунт;
- містить збудників різних хвороб;
- містить насіння бур'янів.

Проте при правильному використанні він може принести багато користі садівникам і городникам, адже він містить багато органіки, яка після переробки черв'яками та бактеріями перетворюється на перегній (гумус). Крім того, досвідчений садівник або городник використовує свіжий пташиний послід, адже для деяких способів удобрення він прийнятніший за перегній [3,4].

Щоб ефективно застосовувати послід в якості добрива ґрунту або рослин, необхідно розуміти, які властивості він має, а також чим відрізняється від екскрементів інших тварин, приміром свиней або коней.

Видільна система птахів сильно відрізняється від видільної системи ссавців, адже сеча і кал виводяться через один отвір - клоаку, тому пташині екскременти є сумішшю сечі і калу, через що їх вологість набагато вища за вологість гною ссавців.

Екскременти здорових птахів є строкатою речовиною коричневого або зеленого кольору із вкрапленнями інших кольорів і консистенцією рідкої сметани, а також має різкий неприємний запах (рис. 1).

Послід хімічно агресивний, тому:

- роз'їдає більшість металів;
- ушкоджує деревину;
- спалює корені рослин;
- сильно обпалює кору і стовбур будь-якої рослини;
- потрапивши на автомобіль, швидко і сильно ушкоджує лакофарбне покриття.

Причиною такої хімічної агресивності є кишкові ферменти і кислоти, що виділяються бактеріями, які живуть в посліді. Проте вони ж притягають черв'яків, які разом з гумусоутворюючими бактеріями перетворюють органіку, тобто залишки їжі, в перегній. Причому черв'яки виробляють дещо інший вид гумусу, тому перегнивання з участю не лише бактерій, але й черв'яків дає якісніший перегній, що містить різні гумусові кислоти.



**Рис. 1. Екскременти птахів**

Основними складовими посліду є ті ж речовини, що і в гної, тобто:

- органіка;
- кишкові ферменти;

- азот у формі різних сполук;
- фосфор у формі оксиду;
- кальцій у формі оксиду;
- калій у формі оксиду;
- різні метали у формі оксидів і солей.

Відсотковий вміст кожного компонента залежить від:

- раціону харчування;
- умов утримання;
- фізичного стану і породи птиці.

Тому навіть у птиць однієї породи, але що живуть в різних умовах, відсотковий вміст основних складових може відрізнятися досить сильно. Наприклад, у птиць, в раціоні яких переважає зерно, послід містить помітно більше фосфору. Якщо ж основним кормом є трава, то збільшується вміст азоту.

Основною відмінністю є набагато більш висока токсичність, викликана тим, що сеча і кал виходять у вигляді суміші, через що послід містить значно більше аміаку та інших агресивних речовин.

Тому пташиний послід краще підходить для виготовлення рідких підгодівель, адже завдяки більш високому вмісту мікроелементів він ефективніше компенсує їх дефіцит у рослини.

Крім того, після сушки питомий вміст мікроелементів виявляється помітно вище, ніж у гною, а ось вміст органічного компонента приблизно однаковий.

Попри те, що для деяких агротехнічних заходів можна користуватися свіжим або залежаним (з моменту його збору пройшло більше місяця) послідом, більше затребуваними та універсальними продуктами з нього є:

- перегній;
- частково перегнилий послід;
- рідка підгодівля;
- сухий або гранульований послід.

**Перегній.** Найбільш простий, але одночасно і найдовший спосіб отримання перегною полягає в тому, що послід висипають на рівний земляний майданчик, формуючи бурт, потім накривають поліетиленовою плівкою або брезентом, залишаючи знизу невеликий простір для вентиляції [5].

З періодичністю 2-3 місяці бурт ворують вручну або за допомогою навісного перетрушувача, а також поливають водою для підтримки вологості.

В середньому екскременти перегнивають за 1,5-3 роки, причому термін залежить від багатьох чинників, у тому числі температури повітря і сонячної активності.

Приблизно через 7-12 місяців екскременти у бурті міняють колір, а характерний запах посліду стає ледве помітним (рис. 2). Це говорить



про те, що послід перетворився на частково перегнилий гумус, тому його можна використати для деяких агротехнічних заходів [5].



**Рис. 2. Готовий перегній**

Якщо ж потрібний перегній, то про його готовність говорять наступні ознаки:

- стійкий земляний запах;
- рихла структура за усім обсягом бурту;
- колір усього матеріалу міняється на однорідний темно-коричневий або чорний.

**Приготування рідкої підгодівлі.** З пташиного посліду можна приготувати настій, який можна використати для підгодівлі рослин на городі. Приготування якісного перегною займає багато часу, тому виявивши ознаки нестачі поживних речовин або мінералів, потрібне добриво, яке можна зробити за 2-3 тижні. Саме таким добривом є рідка підгодівля. [4,5]

Приготування настою з пташиного посліду відбувається у декілька етапів:

1. Свіжий або сухий послід замочують і розводять у воді. Дозування має бути таким, щоб суміш була за консистенцією як кефір.
2. Ретельно подрібнюють усі тверді фрагменти, домагаючись повної однорідності суміші.
3. Виставляють суміш на сонце, щоб підняти її температуру і прискорювати роботу бактерій.
4. Чекають повного (суміш втрачає неприємний запах і перестає виділяти пухирі) або часткового (суміш міняє запах на болотяний) перегнивання.
5. Повністю або частково перегнилу суміш розводять водою, щоб забезпечити оптимальну для того або іншого застосування концентрацію.

6. У деяких випадках суміш до або після розведення проціджують, щоб очистити від сміття.

Підгодівля не може замінити повноцінного добрива, зате ефективно доповнює його, а також дозволяє рослинам здолати дефіцит поживних і мінеральних речовин, викликаний бурхливим розвитком.

Крім того, застосування пташиного гною у вигляді рідкої підгодівлі дозволяє багаторічним рослинам без ушкоджень дотягнути до листопада і принести нормальний урожай, після чого їх треба буде повноцінно удобрювати [6].

**Сушка і гранулювання.** Сушка і гранулювання готують пташиний послід до довготривалого зберігання або використання як паливо.

Перевагою такої обробки є максимальне збереження полісахаридів (целюлоза, крохмаль) і продуктів їх переварювання в шлунково-кишковому тракті птиць.

Крім того, під час термічної обробки при грануляції або через 2-3 місяці зберігання після сушки в посліді гинуть усі збудники хвороб, а також більшість яєць гельмінтів (рис .3).

**При появі ознак нестачі поживних речовин або мікроелементів.** Зазвичай першими ознаками дефіциту поживних речовин або мікроелементів стає млявість рослини, а також листя, що передчасно мінє свій колір. Екстрених заходів, як під час боротьби з різними хворобами або шкідниками не вимагається, проте для отримання нормального врожаю рослину необхідно підгодувати.



**Рис. 3. Гранульований послід**

Якщо є готовий перегній, то рослину мульчують ним і рясно поливають, завдяки чому гумусові кислоти і різні мікроелементи проникають до ґрунту, звідки їх витягають корені рослин. Якщо є сильно залежаний послід, якому вже не менше року, то можна його висипати кільцем навколо стовбура рослини, відступивши на 50 см, потім злегка полити.

Така підгодівля діє повільніше, а також може пошкодити корені рослин, якщо вони виявляться занадто близько до добрива.

Якщо доступний тільки свіжий або сухий послід, то з нього роблять підгодівлю, якою після повного перегнивання поливають рослину.

**Особливості екскрементів за видами птиць.** Попри те, що усі птиці схожі між собою, послід кожного виду відрізняється не лише від екскрементів ссавців, або птиць інших різновидів, але навіть від посліду птиць тієї ж породи, але що живуть в інших умовах. Адже послід утворюється з тієї їжі, що їсть птиця, тобто раціон сильно впливає на хімічний склад екскрементів.

Ще один чинник, від якого залежать властивості екскрементів, - це умови утримання птиць. Адже рівень фізичної активності дуже сильно впливає на метаболізм живої істоти і роботу його кишківника.

**Перепелиний.** Найбільш затребуваним продуктом при розведенні перепелів є їх яйця, тому птицям забезпечують такі умови утримання, при яких збільшується їх яйценоскість.

Мається на увазі не лише збалансоване харчування, але й можливість літати, нехай навіть в обмеженому просторі вольєра, завдяки чому їх послід також виявляється максимально збалансованим.

Тому вміст органіки і мінералів в їх посліді максимально наближений до усереднених значень для усіх птиць, завдяки цьому добрива з перепелиного посліду також виходять максимально збалансованими.

**Інших птиць.** Послід будь-яких птиць, незалежно від породи і умов утримання, підходить для виготовлення підгодівлі, отримання перегною та інших способів застосування у сільському господарстві, адже травна система будь-яких птиць влаштована і працює за одним принципом [7,8].

Тому основним параметром, за яким варто оцінювати послід, є його доступність як за вартістю, так і за добовим обсягом. Адже хвиляста папужка або колібрі навіть за рік не зможуть зробити посліду, якого вистачило б для добрива навіть невеликої ділянки. А ось страусина ферма або птахофабрика, на якій вирощують м'ясну птицю, навіть за добу зробить стільки посліду, що його вистачило б для добрива декількох сільських полів.

При цьому відсотковий вміст органіки і мікроелементів особливого значення не має, адже для того, щоб земля давала максимальний врожай, необхідно не лише удобрювати її пташиним послідом, але і виконувати безліч інших агротехнічних заходів.

У числі цих заходів :

- вирощувати сидерати;
- визначати нестачу тих або інших елементів за станом рослин або аналізу ґрунту;
- при необхідності вносити додаткові мінеральні або органічні добрива;

- дбайливо відноситися до мешканців ґрунту (у першу чергу черв'яків) і комах, які запилюють рослини.

**Висновок.** Пташиний послід - це добре натуральне добриво, яке при правильному використанні наповнює ґрунт поживними речовинами і мікроелементами, необхідними рослинам для розвитку. Проте у початковому стані цей матеріал дуже токсичний і вбиває або сильно обпалює будь-які рослини, тому при роботі з ним необхідно наслідувати надані рекомендації.

Такий підхід не лише принесе користь землі, що приведе до збільшення врожаїв, але і допоможе птахівникам позбавитися від екскрементів, що представляють серйозну загрозу.

### *Список використаних джерел*

1. Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

2. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158.

3. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.

4. Boltyansky B., Boltyansky O. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.

5. Григоренко С. М. Аналіз технології утилізації курячого посліду. Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали міжнародного науково-практичного форуму (21-22 червня 2019 р.) ТДАТУ. Мелітополь: ФОП Однорог Т.В. Ч. 1. С. 52-56.

6. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва. Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 298-304.

7. Степаненко Д.С., Тарусова Н.В., Мацюра О.В., Данченко О.О. Управління та поведження з відходами: навчальний посібник. Мелітополь, 2011. 273 с.

8. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 63.631

**ОГЛЯД ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ТА ЇХ ОСНОВНІ АГРОВИМОГИ**

Сіренко Ю.В., ст. викл.,  
Калнагуз О.М., ст. викл.,  
Ломонос Р.М., магістр,  
Сумський НАУ, м. Суми, Україна

Одним із основних показників, характеризуючих якість внесення твердих мінеральних добрив, являється нерівномірність їх розподілення по поверхні поля [1,2]. Результати дослідження підтверджують: при поверхневому способі внесення добрив найбільшу ефективність забезпечують технічні засоби, які розподіляють добрива з нерівномірністю до  $\pm 20\%$ .

Відомо, що розподілення азотних добрив з нерівномірністю 60...80% призводить до недобору врожаю зерна до 14,7% [1,2], а з урахуванням вилягання рослин втрати можуть бути 22,4%, навіть при нерівномірності 30% [2].

Нерівномірне внесення добрив призводить до погіршення врожаю, забрудненості навколишнього середовища. В зв'язку з цим створення високопродуктивних технічних засобів для внесення добрив з вказаною вище ступеню нерівномірності розподілення являється одною з першочергових проблем науки по механізації сільського господарства. Важливим фактором підвищення ефективності внесення мінеральних добрив під різні сільськогосподарські культури являються науково обґрунтовані норми їх внесення.

В залежності від кількості машин, відстані підвезення добрив в поле, норми внесення і других факторів використовують технологічні схеми роботи агрегатів: прямооточну, завантажувальну, і перевалочну.

Прямоточна технологія включає внесення добрив по схемі: склад – машина для внесення – поле. Приготовлені на складі до внесення добрива завантажують навантажувачем в кузов машин для внесення добрив, які потім транспортують в поле і розсіюють по поверхні ділянки.

При цій технології добрива транспортують і розсіюють по поверхні поля одним і тим же агрегатом. При роботі агрегатів по прямооточній технології знижуються втрати добрив і його простої по організаційним питанням, крім того, відпадає необхідність в додаткових навантажувальних і транспортних засобах.

При перезавантажу вальній технології використовується схема: склад – транспортувальник – завантажувач – машина для внесення добрив. Підготовлені для внесення добрива на складі завантажують нава-



нтажувачем в транспортуючий-перевантажуючий засіб, які доставляють їх в поле, а потім перевантажують в кузов машини для внесення добрив. Останні тільки працюють на операцію внесення добрив, завдяки чому різко підвищується їх продуктивність.

Машини з дисковими робочими органами розподіляють добрива з нерівномірністю  $\pm 70\%$ , що в 2...3 рази перевищує агротехнічні вимоги. При внесенні сумішей добрив має місце їх сепарації на відповідні компоненти, через це порушується збалансованість поживних речовин в ґрунті. Вапно в пиловидному добриві ці машини вносять з відповідно малою шириною захвата. Ящикові сівалки мають великі довгі тукові ящики (рівні ширині захвату), що ускладнює

Отже, внесення основної дози мінеральних добрив, а також підживлення зернових колосових культур здійснюють, в загалі, по прямомоточній технології з використанням кузовних машин, оснащеними кидальними розкидальним робочим органом.

### *Список використаної літератури*

1. Онищенко В.Б. Обоснование процесса работы и параметров пневмоцентробежных рассеивающих рабочих органов машин для внесения твердых минеральных удобрений. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Киев, 1995. 178 с..

2. Адамчук В.В. Обґрунтування моделі внесення мінеральних добрив. В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха. ННЦ „ІМЕСГ”, 2002. Вип. 86. С. 90-99.

УДК 624.138.2.678.063

## **ЩОДО РЕАКЦІЇ КОЛІС ТРАКТОРА ПІД ЧАС РУХУ**

Довжик М.Я. к.т.н., доцент,  
Сіренко Ю.В. аспірант  
Сумський НАУ, м. Суми, Україна

Під час криволінійного руху машино-тракторного агрегату реакції ґрунту на колеса трактора змінюються, оскільки змінюється більшість сил, діючих на трактор. Майже всі зовнішні сили залежать від кута повороту  $\varphi$  корпусу трактора (рис. 1), особливо в режимах його входу в поворот або виходу з повороту. Якщо розглядати рух трактора в інерційній системі координат  $x, y$ , то всі сили будуть функціями координат  $x$  і  $y$  в площині руху, які в свою чергу залежать від кута  $\varphi$  [1,2]. Ці обставини обумовлюють складність визначення реакцій ґрунту, які також

будуть змінними в часі або в залежності від кута  $\varphi$ . Таким чином, в даному випадку мова може йти про миттєві значення як зовнішніх, так і реактивних сил.

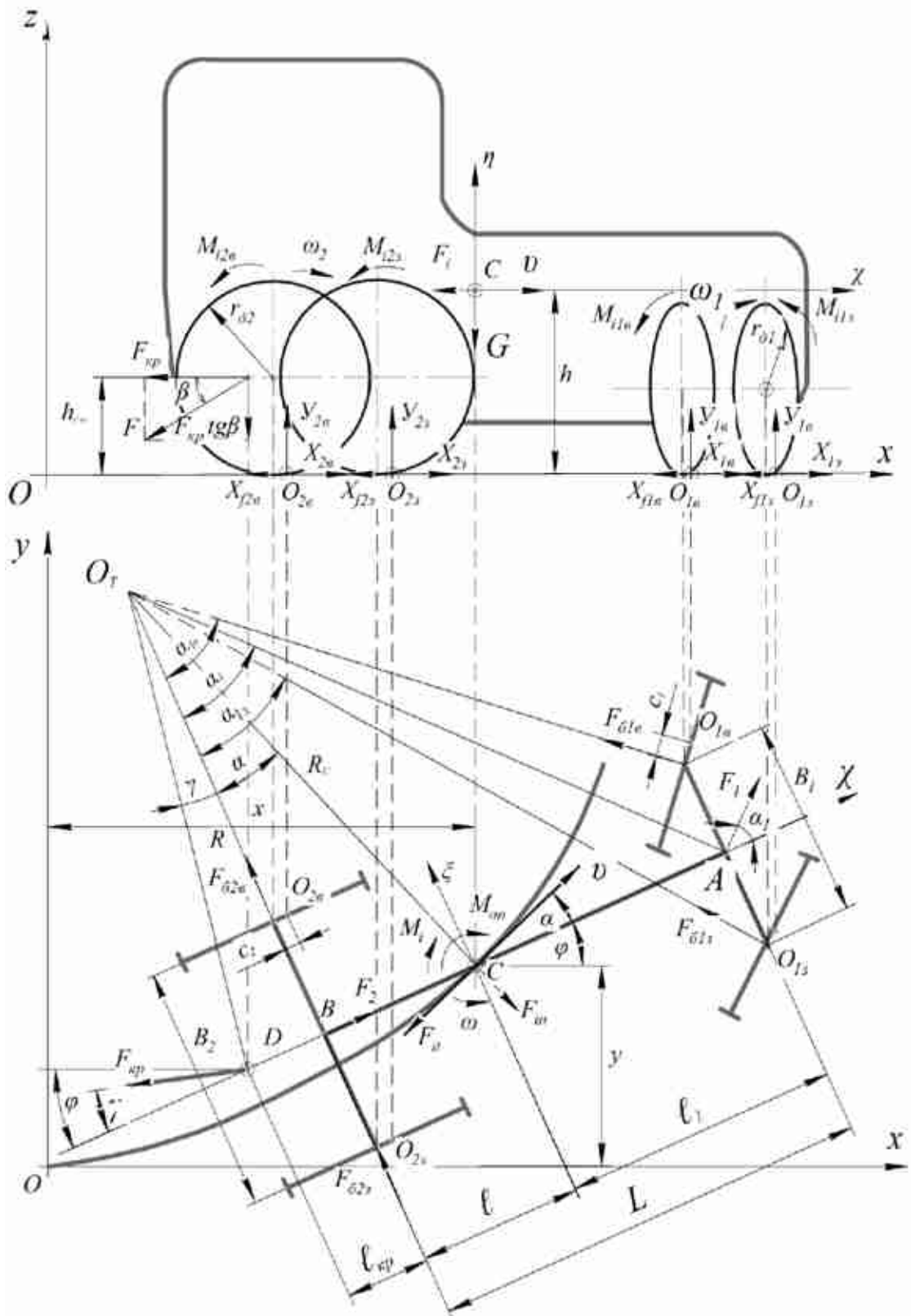


Рис. 1. До визначення реакцій ґрунту на колеса трактора під час криволінійного руху

На рис. 1 маємо проміжне положення трактора на ділянці входу в лівий поворот, у якому координати центра мас  $C$  і кут  $\varphi$  мають позитивні значення.

Розроблено алгоритм визначення реакцій коліс трактора під час криволінійного руху/

### Список використаної літератури

1. Мельник В. І. Рівняння швидкості криволінійного руху колісного трактора / В. І. Мельник, М. Я. Довжик, Б. Я. Татьянченко, О. О. Соларьов, Ю. В. Сіренко // Вісник Сумського національного аграрного університету. 2016. № 10/2 (30). С. 7-15.

2. Довжик М. Я. «Кутова швидкість обертання корпусу машини в повороті» / М. Я. Довжик, Б. Я. Татьянченко, О. О. Соларьов, Ю. В. Сіренко // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. «Технічні науки» Кам'янець-Подільський. 2017. № 25. С. 16-26.

УДК 631

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ СТЕБЕЛ СІЛЬСЬКОГО-СПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

Горовий М.В., ст. викл.,  
Калнагуз О.М., ст. викл.,  
Решетіло С.О., студент магістр,  
Сумський НАУ, м. Суми, Україна

Загалом процес різання можна розділити на дві фази: відхилення стебла ножом та його зрізання. У другій фазі, на думку академіка В.А. Желіговського, потрібно розрізняти процес власне різання, який відтворюється лінією перетину граней леза, і процес входження леза в матеріал. Якщо припустити, що фаза різання розвивається в зоні деформації і спричинює напружений стан волокон стебла і подальше їх руйнування, то під час аналізу цього процесу доцільно виділити три послідовні етапи: взаємодію леза і матеріалу; формування зони пружно деформованих волокон; розрив волокон [1,2].

Визначити такі важливі характеристики, як зусилля і робота різання неможливо без знання фізики явищ, що виникають під час перерізування стебла, чіткої картини деформації та руйнування стебла лезом. Дослідження проведеними науковцями на твердостеблових культурах, встановлено, що в процесі деформування волокон стебла лезом вони сприймають різні види деформацій: стискання – в поперечному

напрямку, розтягу – в поздовжньому, а також згинання і зсуву. Руйнуються волокна здебільшого від поздовжнього розтягу.

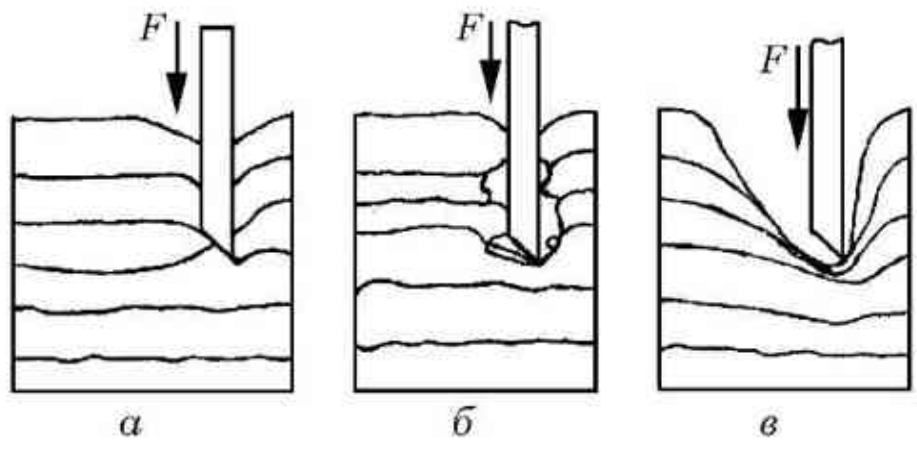
Порівняльне вивчення явищ, які відбуваються під час перерізування стебла, дало змогу класифікувати статичне різання лезом за видами:

а) з контактним руйнуванням матеріалу стебла за незначної деформації незруйнованих ділянок (рис. 1, а);

б) з чергуванням контактного і розривного руйнування матеріалу стебла за збільшення деформації незруйнованих ділянок (рис. 1, б);

в) з попереднім значним зминанням матеріалу стебла і наступним передавлюванням; ця ділянка деформації в багато разів більша за зону руйнування (рис. 1, в).

Для більшості матеріалів опір деформуванню зростає з підвищенням швидкості деформування. Зменшення опору деформуванню для рослинних матеріалів можна пояснити тим, що за великої швидкості ножа деформації стебла встигають поширитись меншою мірою. Кут загострення і, встановлений стандартом, дорівнює  $19^\circ$ , вкладки (протиризальної пластини)  $45$  і  $60^\circ$ . Після загострення сегмента кут загострення збільшується в процесі експлуатації жаткових апаратів до  $22 - 23^\circ$ .



**Рис. 1. Статичне різання лезом із контактним руйнуванням матеріалу стебла**

Часто різанню передуює стискання матеріалу ножем, і виконану при цьому роботу враховують окремо.

#### **Список використаних джерел**

1. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку.: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка.К.; Вища освіта., 2005.464 с.

2. Царенко О.М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник: О.М. Царенко, Д. Г. Войтюк та ін.; За редакцією С. С. Яцуна. К.: Мета, 2003. 448 с.

УДК 631

## ДОСЛІДЖЕННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ЗАСОБАМИ

Руденко В.А. к.т.н., доцент,  
Горовий М.В., ст. викл.,  
Калнагуз О.М., ст. викл.,  
Іржавський А.О., магістр,  
Сумський НАУ, м. Суми, Україна

При вирощуванні сільськогосподарських культур рушії тракторів роблять значний вплив на властивості ґрунту в основному погіршуючи, її родючість. Забезпечуючи енергетичному засобу тягово-зчіпні якості, вони утворюють в ній чималі ущільнені зони, що концентруються біля колії. Дослідженнями доведено, що показники щільності передусім залежали від способів основного обробітку ґрунту під культури та в парах, а також кількості і якості загортання залишених на поверхні рослинних решток попередника.

Зокрема, щільність будови ґрунту у паровому полі різнилася залежно від виду пару, строків визначення, агротехнічних заходів. Після основного обробітку восени ґрунт мав мінімальну щільність. З глибиною ущільнення орного шару збільшувалося, особливо на варіантах раннього пару та дискового мульчувального обробітку. Для мілких обробітків характерне ущільнення прошарку в нижній частині орного шару (20-30 см) в середньому до  $1,31 \text{ г/см}^3$  [1]. В процесі підготовки ґрунту, сівби, догляду за рослинами і збирання врожаю різні сільськогосподарські машини проходять по полю від 5 до 20 разів. В результаті сумарна площа слідів рушіїв в 2 рази перевищує площу поля. В умовах інтенсифікації с.г. виробництва одна з визначальних вимог до тракторів — підвищення їх продуктивності, що неминуче веде до збільшення загальної маси МТА і, як наслідок, значного ущільнення ґрунту. Ґрунт в природних умовах формується до певної щільності, званої рівноважною, і надалі міняється трохи. Для обробітку ж сільськогосподарських культур необхідно створити ту, що вимагається, при якій будуть якнайкращі умови для формування і зростання врожаю. Дані дослідів свідчать, що тиск під колесом на всіх глибинах значно вище, ніж під гусеницею. Внаслідок цього об'ємна маса орного шару під впливом колісних рушіїв теж вище, що приводить до більшого зниження врожайності.

При правильному обробітку ґрунту за оптимального зволоження утворюються міцні агрегати з порами, характерними для природних умов, при цьому покращується аерація ґрунту та зменшуються втрати вологи на фізичне випаровування.



За результатами досліджень виявлено, що пористість, обернено пропорційно, залежала від щільності і становила максимум 62 %. Вологість ґрунту у момент дії на неї сільськогосподарської техніки також має важливе значення. З її збільшенням ущільнюючі деформації виявляються інтенсивніше і здатність чинити опір різким навантаженням значно знижується.

Очевидно, що чинниками, що впливають на ущільнення ґрунту, є нормальне навантаження від рушіїв, тип, її вологість, конструкція шини. Проте при русі ці показники істотно змінюються. На їх величину впливає напруга зсуву на поверхні ґрунту в місці контакту з шиною внаслідок буксування, що викликає збільшення ущільнення на 50 %.

На важких глинистих ґрунтах від буксування ведучих коліс тракторів класу 1,4 ущільнення в слідах настільки велике, що потрібна подальша багатократна обробка для приведення в необхідний стан.

Значення врожайності при збільшенні щільності ґрунту у шарі 0–10 см для різних сільськогосподарських культур складає: для озимої пшениці до 7%; ячменю до 40 %; вівса до 33 %.

#### **Список використаної літератури**

1. Циліурік О. Як впливає основний обробіток ґрунту на щільність та пористість чорноземів Степу. Агробізнес Сьогодні. Механізація АПК. 2018. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/10321-yak-vplyvaie-osnovnyi-obrobitok-gruntu-na-shchilnist-ta-porystist-chornozemiv-stepu.html>.

## **УДК 628.16**

### **ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ ДЛЯ НАПУВАННЯ – ЗАПО- РУКА СТАБІЛЬНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТВАРИН**

Дереза О.О., к.т.н., доцент,

Дереза С.В., ст. викладач,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

**Постановка проблеми.** Продуктивність і здоров'я тварин і птиці залежать не лише від рівня годування, комфортних умов утримання, але і від хорошої організації постачання тварин доброякісною водою на фермах і пасовищах.

На жаль якість води, використовуваної для тваринницьких ферм, не завжди повною мірою відповідає санітарно-гігієнічним вимогам. Це пояснюється тим, що відкриті водойми легко піддаються забрудненню, а в глибоких підземних джерелах у воді може міститися велика кіль-

кість мінеральних солей. При вживанні забрудненої або високомінералізованої води у тварин (птиці) знижується продуктивність і виникають різні захворювання [1,4].

Воду, призначену для сільськогосподарських тварин і птиці, слід вважати придатною лише в тому випадку, якщо вона по своїй якості мало відрізняється від рекомендованої для використання людиною. Організм тварини знаходиться в стані постійного обміну речовин з зовнішнім довкіллям, в якому неодмінно бере участь вода. Всі життєво важливі процеси обміну в організмі тварини протікають лише у водних розчинах органічних і неорганічних речовин. Тому необхідно забезпечувати тваринницькі ферми водою в необхідній кількості і такої якості, яка відповідає всім санітарно-гігієнічним вимогам.

**Виклад основних матеріалів дослідження.** Вода, що не відповідає нормативам якості, повинна пройти відповідну обробку, яка включає такі прийоми, як очищення, знезараження і кондиціонування [1,2,3,5].

При очищенні ставиться завдання – звільнити воду від патогенних мікробів, зважених часток; речовин, що додають воді колірність, а також від надлишку солей кальцію, магнію, заліза і інших, від газів і токсичних речовин. Очищення води проводиться такими способами, як відстоювання, коагуляція і фільтрація [1].

Відстоювання протягом певного часу підвищує прозорість води. При відстоюванні води протягом 2...8 годин з неї видаляються лише крупні домішки. Відстоювання проводиться в горизонтальних і вертикальних відстійниках. Назва типів відстійників відповідає характеру руху води. Горизонтальні відстійники – це залізобетонні резервуари прямокутного перетину, через які з невеликою швидкістю (2...4 мм/с) безперервно рухається вода.

Вертикальні відстійники – це резервуари круглого або прямокутного перетину з конусоподібним дном. Вода поступає по трубопроводу в центральну частину відстійника, опускається у напрямку до дна, потім повільно рухається вгору і, переливаючись через кільцевий жолоб, прямує в трубопровід, що її відводить. Швидкість руху води в цьому відстійнику знижується до 1 мм/с [1,3].

Цей спосіб очищення води не є досить ефективним. Він не повною мірою звільняє воду від зважених часток і мало впливає на зміну колірності води.

Коагуляція проводиться для швидкого осадження зважених часток, усунення колірності води і для прискорення подальшого етапу очищення – фільтрування. Вона викликає укрупнення дуже дрібних часток, що знаходяться у воді (дрібна глина, колоїдні частки тощо). Частки ці володіють негативним зарядом. У воду вводять речовини, які утворюють більш громіздкі іони, що несуть позитивний заряд, тому частки

і іони, що утворюються, взаємно притягуються. Частки колоїдів, що обважнюють, у вигляді пластівців випадають в осад, захоплюючи з собою суспензію і мікроорганізми.

Як коагулянт частіше застосовується сірчаноокислий алюміній –  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  (глинозем). Сульфат алюмінію у воді гідролізується і вступає в реакцію з бікарбонатами кальцію і магнію, утворюючи розчинні сульфати і нерозчинний гідрат окислу алюмінію. Дрібні колоїдні пластівці гідрату окислу алюмінію, які випадають в осад, несуть в собі позитивний заряд. Ці пластівці притягуються з протилежно зарядженими колоїдними частками, зваженими у воді і, обважнюючи, випадають в осад. Осадження продовжується близько 2...3 годин.

В якості коагулянта використовують також залізний купорос, хлорне залізо і алюмінат натрію.

Доза коагулянта залежить від багатьох чинників і коливається від 30 до 200 міліграм на 1л води. Коагулянт додають у воду у вигляді порошку або 2...5%-ного водного розчину.

Фільтрація дозволяє якнайповніше очистити воду від дрібних пластівців, зважених часток і частково від мікроорганізмів. Вона проводиться після відстоювання і коагуляції. Фільтрують воду через пористі матеріали – шари піску і гравію з певним розміром часток [1,4].

При місцевому водопостачанні застосовують повільно діючі фільтри (швидкість проходження водотоку 0,1...0,3 м<sup>3</sup>/год.). Це відкриті або підземні резервуари, на дно яких послідовно укладають булижник або щебінь, крупний гравій і шар крупного або дрібного піску. Товщина шару (піску), що фільтрує, складає 0,8...1,2 м. Для стоку відфільтрованої води на дні резервуару прокладають канали.

В процесі фільтрації на поверхні фільтру утворюється, так звана, біологічна плівка, що складається з дрібних часток, планктону і бактерій, зважених у воді. Тому на поверхні фільтру затримується дрібна суспензія, тобто значно підвищується повнота фільтрації. При використанні повільної фільтрації відпадає необхідність в попередній коагуляції.

На крупних водопровідних станціях зазвичай використовують швидкодіючі фільтри із швидкістю фільтрації 5...100 м<sup>3</sup>/год. Це залізобетонні резервуари з подвійним дном: нижнім суцільним і верхнім дірчастим, на який укладають шар щебеню або гравію і шар річкового піску, що фільтрує, – 60...90 см.

На швидкі фільтри воду подають після коагуляції, їх поверхня затримує суспензії (пластівці), які утворилися в процесі осадження під дією коагулянту.

Після комплексного очищення (відстоювання, коагуляція і фільтрування) вода стає прозорою, знебарвлюється, звільняється частково від запахів і присмаків, а також від яєць гельмінтів, і на 20...25% від

мікробів, що містяться в ній. Тому для повної підготовки води в якості питної необхідно проводити її знезараження.

Знезараження води проводять за допомогою фізичних і хімічних способів [1].

Фізичні способи відносяться до безреагентних і включають кип'ятіння, ультрафіолетове опромінення, дію ультразвуком.

Кип'ятіння – це простий і надійний спосіб знезараження води в невеликих об'ємах, наприклад, для напування новонароджених телят, поросят тощо.

Ультрафіолетове опромінення викликає загибель мікробів, що містяться у воді, вірусів і яєць гельмінтів, які стійкі навіть до хлору. Найефективніше цей спосіб використовується після комплексного очищення, якщо вода прозора. Зважені у воді частки затримують ультрафіолетові промені.

Ефект знезараження оснований на дії ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвиль 200...300 нм на білкові колоїди і ферменти протоплазми мікробних кліток. Вода знезаражується дуже швидко, не змінюється її склад і органолептичні властивості (смак, запах). Цей спосіб знезараження переважніший, ніж хлорування. Для його реалізації застосовуються джерела бактерицидного опромінення.

Ультразвук викликає загибель у воді мікроорганізмів, навіть тоді, коли вона характеризується підвищеною каламутністю і колірністю. Як і при обробці води, бактерицидними ультрафіолетовими променями, при використанні ультразвуку не погіршується ні її склад, ні смак та запах.

Хімічні способи знезараження води відносяться до реагентних (хлорування, озонування тощо). Вони основані на додаванні до води різних хімічних речовин – реагентів, що викликають загибель мікроорганізмів.

Найбільш поширеним і досить ефективним способом знезараження води є хлорування. З цією метою застосовують хлорне вапно або газоподібний хлор.

Щоб забезпечити повне знезараження води, необхідно в неї внести таку кількість хлору, якого буде вистачати для отримання бактерицидної дії. У практиці про кількість хлору, яку необхідно витратити на знезараження води, судять за змістом залишкового хлору, що залишився у воді невитраченим, оскільки не ввійшов в реакцію після тривалого контакту з водою. Залишкового хлору у водопровідній воді повинно бути не менше 0,3 і не більше 0,5 мг/л. Більша кількість хлору додає воді яскраво виражений присмак і запах. Для знезараження води в більшості випадків достатні дози хлору від 1 до 3 мг/л.

При використанні водопровідної хлорованої води виникає проблема потрапляння в організм діоксинів – отруйних речовин, що вражають всі живі організми. Вони є побічними продуктами використання хлору і його з'єднань.

Озонування води застосовують з метою її знезараження і поліпшення органолептичних властивостей [1]. Цей спосіб має переваги перед хлоруванням. Озон – більш сильніший окиснювач, ніж хлор. Тому він не лише знищує бактерії, спори і віруси, але сприяє знебарвленню води, усуває запахи і присмаки, не змінюючи натуральних властивостей води. Як сильний окиснювач, озон руйнує у воді феноли, пестициди і інші з'єднання, які важко окислюються. Доза озону – біля 1 мг/л води, тривалість його контакту з водою від 5 до 10 хвилин. Якщо потрібне знебарвлення води, то доза збільшується до 3...4 мг/л. Озон, що не прореагував, через декілька хвилин перетворюється на кисень.

Воду можна знезаражувати за допомогою додавання в неї марганцевокислого калію ( $KMnO_4$ ), що інколи застосовується в птахівництві.

Кондиціонування води дозволяє використовувати поверхневі солонуваті і солоні води, підземні води з високою концентрацією заліза, марганцю і підвищеною жорсткістю або кислотністю. Цей спосіб не лише сприяє видаленню з води надлишку деяких солей, але і передбачає додавання до неї речовин, що підвищують її якість і біологічну цінність.

Для опріснення мінералізованих вод використовують електродіаліз, гіперфільтрацію, іонний обмін, дистиляцію, геліоопріснення тощо.

Якщо аналіз природної води показує, що підвищена її кислотність, додається луг або вапно. Якщо ж висока лужність, додається кислота.

Для пом'якшення води повністю або частково видаляють з неї катіони кальцію і магнію реагентним або термічним (кип'ятіння) методами. Реагентні методи ґрунтовані на обробці води речовинами, які утворюють з іонами кальцію і магнію нерозчинні з'єднання і потім випадають в осад.

У воді, яку використовують в тваринництві, вміст марганцю не повинен перевищувати 0,1, а заліза – 0,3 мг/л. Видалення з води надлишку марганцю можна здійснювати обробкою її перманганатом калію і аерацією, поєднаною з вапнуванням. При цьому відбувається також очищення води від заліза. Потім воду відстоюють і фільтрують [6,7].

При недоліку фтору в питній воді її фторують, доводячи його вміст до 1 мг/л.

**Висновки.** Таким чином, щоб зберегти здоров'я сільськогосподарських тварин, попередити передачу через воду інфекційних, інвазивних та інших захворювань, водні джерела необхідно паспортизувати, здійснювати оперативний санітарний контроль за їх станом і якістю питної води. При необхідності підвищення якості води слід проводити її очи-



щення, знезараження і кондиціонування. Не дивлячись на те, що в природі існує процес самоочищення води, фахівцям тваринництва в своїй практичній діяльності необхідно приймати заходи, які запобігають забрудненню і зараженню джерел водопостачання.

### *Список використаної література*

1. Болтянська Н.І. «Вода і водні ресурси в технологічних процесах підприємств АПК». Навчальний посібник) / С.І. Мовчан, Н.І. Болтянська. – Мелітополь. – ВПЦ «Люкс», 2019. – 192 с.

2. «Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві»: підручник / Б.В. Болтянський, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, Н.І. Болтянська, С.В. Дереза. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

3. Дереза О.О. Використання стічних вод тваринницьких підприємств для зрошення кормових культур / Дереза О.О., Болтянський Б.В., Дереза С.В. // Матеріали VI Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», м. Глеваха, 2017 р. С.26-29.

4. Study of hydromechanical parameters part of the water solutions household in running flows / Serhii Movchan, Olena Dereza, Serhii Mazilin, Serhii Dereza // Modern Development Paths of Agricultural Production. - Springer Nature Switzerland AG, 2019. – С.145...160.

5. Дереза О.О., Болтянський Б.В., Дереза С.В. Розрахунок механізованої системи водопостачання сімейної тваринницької ферми // Матеріали X Науково-практичної конференції «Меліорація та водовикористання. З нагоди 130-річчя першого водопроводу міста Мелітополя» / Укладачі: С.І. Мовчан, Т.М. Новах, С.О. Ісаченко, ФОП «Ландар С.М.», Комунальне підприємство «Водоканал» Мелітопольської міської ради Запорізької області, Мелітополь, 2019 р., С.36...41.

6. Машиновикористання техніки в тваринництві: навчальний посібник для виконання лабораторних робіт [Н.І. Болтянська, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр та ін.]. – Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. – 180 с.

7. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 63.631.3

**АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ВНЕ-  
СЕННЯ ДОБРІВ**

Кудря В.О.<sup>1</sup> к.т.н., інженер-механік,  
Семерня О.В.<sup>2</sup>, ст викл,  
Калнагуз О.М.<sup>2</sup>, ст викл,  
Дядюра М.В.<sup>2</sup>, студент магістр,  
<sup>1</sup>ПАТ «Агро-Союз»,  
<sup>2</sup>Сумський НАУ, м. Суми, Україна

З аналізу науково-технічної літератури, першим етапом під час розробки машин для внесення органічних добрив, є необхідність в дослідженні подачі матеріалу до робочих органів машини. Дані залежності, без врахування опору повітря, описані в багатьох працях науковців [1], що дає можливість визначити місце розташування розподільчого органу відносно транспортера який подає добрива.

Другим етапом є дослідження руху частинки по поверхні лопатки робочого органу. Весь робочий процес можна розділити на такі дві операції: захват порції органічних добрив; та переміщення їх по лопатці. Захват органічних добрив лопаткою ротора супроводжується ударом лопаткою по добривах і наданням їм початкової швидкості. В процесі переміщення органічних добрив по лопатці частинкам надається швидкість яка необхідна для руху маси добрив до краю лопатки, долаючи силу тертя по лопатці.

Потрапляючи на край частинки сходять з лопатки ротора. З метою спрощення теоретичного описання процесу часто виключають сили взаємодії між окремими частинками органічних добрив. Даним питанням займалися багато вчених їх дослідженням присвячені багато праць [1]. Найбільший внесок зробили М.П. Василенко, А.А. Кукібний, Д.А. Шалман та інші. Їх теоретичні дослідження знайшли застосування під час розробки нових сільськогосподарських, землерийних машин та снігозбиральної техніки.

Третім етапом є дослідження траєкторії руху та дальності польоту частинки в повітрі. При дослідженні польоту частинки під кутом до горизонту, необхідно враховувати аеродинамічні властивості органічних добрив, стан навколишнього середовища, та початкову швидкість вильоту частинки.

Такі задачі вирішуються одним із двох методів: або наближеним вирішенням точного рівняння, або шляхом складання наближеного рівняння руху частинки в якому зроблені припущення які роблять можливим його точне вирішення. За результатами експериментальних да-

них та теоретичних досліджень вченими запропоновано велику кількість рівнянь, які описують рух матеріальної частинки з врахуванням і без врахування опору повітря [1].

За результатами проведених досліджень, процесу внесення органічних добрив ряд авторів займалися питаннями обґрунтування раціональної ширини розподілу. Як основний показник для визначення раціональної ширини захвату приймали продуктивність кузовного розкидача при внесенні твердих органічних добрив. Вона залежить не тільки від конструктивних параметрів (вантажопідйомність, швидкість руху і ширина захвату), а також і від технологічної схеми внесення і норми внесення. Відомо що перевалочна технологія дозволяє значно збільшити продуктивність розкидачів і зменшити їх кількість [1]. Аналізуючи результати експериментальних досліджень, розкидачів органічних добрив, можна спостерігати залежність ширини внесення від вантажопідйомності машини. Так розкидачі органічних добрив вантажопідйомності яких перевищує 15 тон мають ширину розподілу добрив 14 - 17 м, а розкидачі з вантажопідйомністю до 12 тон 7-12 м [1].

Також проведені науковцями дослідження дають можливість визначити рекомендовану ширину розподілу органічних добрив від норми внесення з врахуванням енерговитрат.

### ***Список використаної літератури***

1. Кудря В.О. Обґрунтування параметрів робочого органу роторно-лопатевого типу навісного модуля до розкидачів органічних добрив [Текст]: автореф. дис.канд. техн. наук : 05.05.11 / Кудря Віталій Олександрович ; Нац. акад. аграр. наук України, Нац. наук. центр "Ін-т механізації та електрифікації сіл. госп-ва" (ННЦ "ІМЕСГ"). Глеваха, 2015. 24 с

УДК 636:631.862

## ЗАЛЕЖНІСТЬ КОЛЬОРУ ТА КОНСИСТЕНЦІЇ ПОСЛІДУ ВІД СТАНУ ПТИЦІ

Григоренко С.М., асистент

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Часто перед погіршенням стану птиці та зниженням її продуктивності передують помітні зміни кольору і консистенції посліду. Поодинокі випадки зазвичай ігноруються, не притягують уваги, але якщо ви помічаєте все частіше і частіше певні ознаки, що вказують на проблеми в стані шлунково-кишкової системи, то слід якомога швидше реагувати і вживати відповідних заходів. Нижче представлені деякі ознаки, які найбільш частіше зустрічаються, і які пов'язані з проблемами у шлунково-кишковому тракті птиці [1,2].

1. Перш за все, слід звернути увагу на вологість посліду; якщо ви берете послід а руки і від нього капає вода, то це явна ознака ненормально підвищеної вологості посліду.



**Рис. 1. Перевірка вологості посліду**

2. Послід з уратами (солі сечової кислоти) (білий) і жовчю (зелений).



**Рис. 2. Білувато-зелений послід**

Наявність жовчі вказує на порожній кишківник (виснаження) і / або інфекції (такі як інфекційна бурсальна хвороба). Урати є продуктами розпаду білків [3,4].

3. Залишки зі сліпої кишки змішані з кров'ю. Це явна ознака кокцидіозу (*Eimeria tenella*), що повинно насторожувати і вимагає прийняття негайних заходів з метою локалізації інфекції та запобігання поширенню.



**Рис. 3. Кров'яні включення в посліді**

4. Якщо ви виявили слиз помаранчевого кольору в посліді птиці, то це показник пошкодження стінки кишківника. Щоб вжити заходів, необхідно спочатку встановити причину: це може бути викликано наявністю кокцидіоза в стаді (*E. maxima* or *E. mitis*), синдромом неправильної абсорбції: птицю занадто довго не годували або годували кормом, який погано перетравлюється.



**Рис. 4. Послід з помаранчевим слизом**

5. Послід з помаранчево-червоним слизом, змішаним з кров'ю, вказує на запалення тонких кишків (ентерит), що може бути викликано *E. tenella* інфекцією.





**Рис. 5. Помаранчево-червоний послід**

6. Чорний послід зазвичай вказує на наявність кровотечі у верхній частині тонкої кишки. Кров також перетравлюється і набуває чорного кольору [5].



**Рис. 6. Чорний послід**

***Список використаних джерел.***

1. Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

2. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158.

3. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.

4. Григоренко С.М. Аналіз технології утилізації курячого посліду. Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали міжнародного науково-практичного форуму (21-22 червня 2019 р.) ТДАТУ. Мелітополь: ФОП Однорог Т.В. Частина 1. С. 52-56.

5. Ляшенко О.О. Екологічні аспекти сільськогосподарського виробництва: стан, новітні технології та устаткування переробки органічних відходів URL: <http://www.lcoir-ua.eu/events/events2/prezent/6-Lyashenko.pdf>

УДК 621.52:637.116

## ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕРТЯ-КОВЗАННЯ ЗА ЗМОЧУВАНОЇ ПЛОЩІ КОНТАКТУ ПАРИ «РОТОР-СТА- ТОР» У ДВОРОТОРНІЙ ВАКУУМНІЙ ПОМПІ ДОЇЛЬНОЇ УС- ТАНОВКИ

Сиротюк В.М., к.т.н.,

Коруняк П.С., к.т.н.,

Березовецький С.А., к.т.н.,

Березовецька О.Г., інженер

Львівський національний аграрний університет, м. Дубляни, Україна.

**Постановка проблеми.** Основним елементом вакуумної системи доїльної установки є вакуумна помпа. До нерозв'язаних науково-прикладних задач, що знижує надійність вакуумних pomp, є недостатність науково-методичних підстав конструювання та створення цих машин. Сьогодні на світовому ринку вакуумних pomp можна знайти понад 150 типів машин, що мають суттєві відмінності конструкцій, обґрунтованість яких недостатня [4]. Важливими чинниками, що обумовлюють надійність роботи виробу, є вибір конструкційних матеріалів [1], з яких виготовляються пари тертя вакуумних pomp, тому розроблення науково-методичних підстав створення їх робочих органів є актуальною задачею. Однак, обґрунтуванням вибору конструкційних матеріалів для робочих органів і трибосистем вакуумних pomp займалися лише окремі дослідники [2, 3, 6, 7]. На основі аналізу наукових досліджень, передового виробничого досвіду, патентного пошуку вакуумних pomp [4, 5] нами встановлено, що експлуатаційно-технологічні показники роторних pomp значно кращі, ніж у інших типів. Проте техніко-енергетичні показники (компактність, постійність вакуумметричного тиску, продуктивність, шумність) та надійність деталей не повністю задовольняє існуючі вимоги такі як зносостійкість та енергоощадність вакуумних систем [2, 3].

**Основні матеріали дослідження.** Для підвищення продуктивності роботи двороторної вакуумної помпи, нами усунуто радіальне перетікання повітря, шляхом встановлення у радіальні торці ізотропних пружних пластин, а також добавлено змащування площ контакту пари «ротор-статор» водою.

Динаміка ньютонівської рідини змочування (мащення) описується рівнянням Нав'є-Стокса, яке за нестискуючої рідини має вигляд [8]:

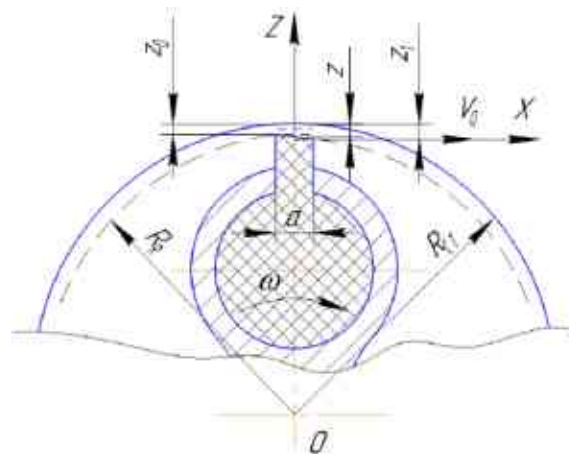
$$\begin{cases} \rho \frac{dv}{dt} = -\nabla p + \eta \Delta v, \\ \operatorname{div} v = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

де  $\rho$  – густина рідини,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;  $v$  – швидкість, м/с;  $t$  – час, с;  $p$  – тиск між рухомою і нерухомою площинами,  $\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ ;  $\eta$  – динамічна в'язкість змащувальної рідини,  $\frac{\text{Н}\cdot\text{с}}{\text{м}^2}$ ;  $\Delta$  - оператор Лапласа;  $\text{div}$  – дивергенція швидкості;  $\nabla$  - оператор Набла,  $\nabla p = \text{div } p$ .

Враховуючи, що рідина є змащуючим середовищем, то це квазістатичний потік. Тоді інерційним членом у першому рівнянні системи (1) можна знехтувати і отримаємо:

$$\eta \Delta v = \nabla p. \tag{2}$$

Розглянемо процес мащення для вакуумної помпи, (рис. 1) у збільшеному масштабі.



**Рис. 1. Рух змащуючої рідини між ротором і статором:**

$R_{cm}$  – радіус статора;  $R_R$  – радіус ротора по виступі вставки;  $v$  – лінійна швидкість на кінці ротора;  $x, z$  – осі;  $\omega$  - частота обертання;  $a$  – товщина ізотропної еластичної вставки

Розглядаємо стаціонарний рух рідини, тоді  $v = v(z)$ . Відповідно, рівняння (2) буде мати вигляд:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \eta \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \cdot v_x = \eta \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \tag{3}$$

Граничні умови:

$$v_{x(z=0)} = -v_0; \quad v_{x(z_i)} = 0.$$

$$\text{Тоді } C_2 = -\eta \cdot v_0; \quad C_1 = \frac{\eta \cdot v_0}{z} - \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{z}{2};$$

$$\eta \cdot v_x = \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{z_i(z_i-z)}{2} + \frac{\eta \cdot v_0}{z} \cdot z_i - z, \tag{4}$$

де  $z_i$  - значення по висоті зазору  $z$ , приймає  $z_i = 0 \dots z$ .

Однак, у процесі обертання ротора, ізотропна пружна вставка шириною  $a$  буде вигинатись і створювати зазор, який за ходом обертання ротора буде, відповідно,  $z_1$  і  $z_0$  (рис. 1). Відповідно, буде виконуватись умова:

$$z_1 > z_0 \tag{5}$$

Умова нерозривності для рідини повинна забезпечити, щоб через кожен поперечний переріз зазору в одиницю часу протікала однакова кількість рідини  $Q_p$ .

$$\frac{Q_p}{L} = \int_0^{z_h} \vartheta_x(z) \cdot dz. \quad (6)$$

У рівнянні (6) приймаємо, що висоту зазору  $z$  позначимо через  $z_h$  ( $z \Rightarrow z_h$ ), а змінна  $z_i$  буде  $z$  ( $z_i \Rightarrow z$ ).

Якщо прийняти  $x=0$  і  $P(0)=P_{ext}$ , тоді

$$P = P_{ext} + \frac{3 \cdot \eta \cdot v_0}{K_x} \cdot \left( \left( \frac{1}{z} - \frac{1}{z_0} \right) + \frac{2 \cdot z_1 \cdot z_0}{z_0 + z_1} \left( \frac{1}{z^2} - \frac{1}{z_0^2} \right) \right). \quad (7)$$

Визначаємо поле швидкостей:

$$\vartheta_x = \vartheta_0 \cdot (z - z_h) \cdot \left[ \frac{1}{z_h} - \frac{3}{2 \cdot z} - \frac{6z_1 \cdot z_0}{(z_0 + z_1) \cdot z^2} \right]. \quad (8)$$

Визначаємо сили  $F_N$  і  $F_x$ . Для сили, що діє по нормалі, складаємо рівняння

$$F_N = \frac{S_k \cdot a \cdot 3 \cdot \eta \cdot \vartheta_0}{(z_1 - z_0)^2} \cdot \left[ \ln \frac{z_1}{z_0} - \frac{z_1 \cdot z_0}{z_0} \left( 1 + \frac{2(z_1 - z_0)}{z_0 + z_1} \right) \right] \quad (9)$$

де  $S_k$  - площа контакту,  $S_k = L \cdot a$ , м<sup>2</sup>.

Сила, що діє по дотичній, залежить від в'язкого напруження

$$\sigma_{xz} = \eta \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial z}. \quad (10)$$

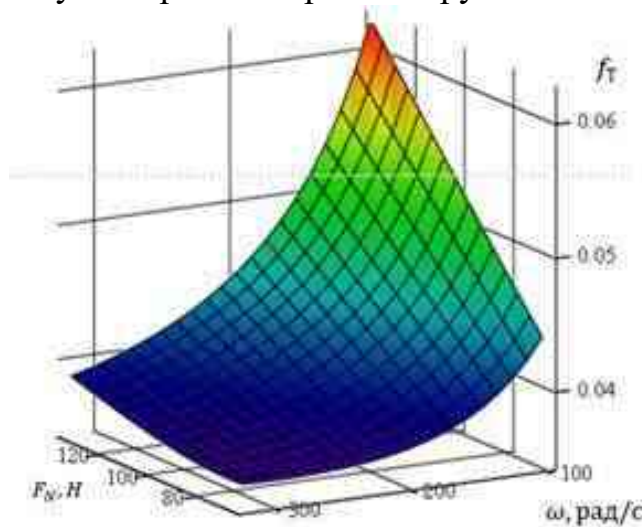
Тоді силу виразимо наступною залежністю:

$$F_x = \frac{\eta \cdot S_k \cdot \vartheta_0}{z_1 - z_0} \left( 4 \ln \frac{z_1}{z_0} + \frac{6(z_1 - z_0)}{z_1 + z_0} \right). \quad (11)$$

Коефіцієнт тертя визначаємо із залежностей,  $F_x = f_T \cdot F_N$ .

$$f_T = \left( \sqrt{\frac{\eta \cdot \omega \cdot R}{3 \cdot P_N \cdot a}} \left( \ln \frac{z_1}{z_0} - \frac{2(z_1 - z_0)}{z_1 + z_0} \right) + \frac{z_0^2}{6 \cdot a} \right) \cdot \frac{\varepsilon}{\xi}, \quad (12)$$

де  $\eta$  - динамічна в'язкість змащувальної рідини,  $\frac{H \cdot c}{M^2}$ ;  $\omega$  - частота обертання ротора,  $c^{-1}$ ;  $P_N$  - тиск, створюваний нормальною силою на одиницю площі контакту зони тертя ізотропної пружної вставки,  $\frac{H}{M^2}$ ;  $a$  - ширина контакту – ширина ізотропної пружної вставки у ротор, м.



**Рис. 2. Залежність коефіцієнта тертя еластичної пружної вставки від частоти обертання ротора ( $\omega$ ) і нормальної сили ( $F_N$ ) створюваної пружною вставкою об статор**

Очевидно, що із зміною частоти обертання  $\omega$  і тиску  $P_N$ , зазори  $z_1$  будуть змінюватись.

**Висновки.** Результати моделювання наведені на рис. 2 показують, що із збільшенням частоти обертання ротора, коефіцієнт тертя зменшується.

Так, за частоти обертання  $\omega = 100 \text{ с}^{-1}$  і нормальної сили  $F_N = 65 \text{ Н}$  коефіцієнт тертя з використанням для змащування води буде становити  $f_T = 0,044$ , а за частоти обертання  $\omega = 300 \text{ с}^{-1}$  -  $f_T = 0,036$ . При нормальній силі у  $F_N = 135 \text{ Н}$ , відповідно коефіцієнт тертя буде становити: за  $\omega = 100 \text{ с}^{-1}$  -  $f_T = 0,062$ , а за  $\omega = 300 \text{ с}^{-1}$  -  $f_T = 0,039$ . При цьому характер зміни коефіцієнту тертя є нелінійним і підпорядковується квадратичній характеристиці. Із збільшенням частоти обертання коефіцієнт тертя, із використанням змащувальної рідини, зменшується і наближається до лінійної характеристики за частоти обертання  $\omega = 300 \text{ с}^{-1}$ .

### *Список використаних джерел*

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: справочник / Москва: Машиностроение. 2006. 926 с.
2. Бартенев Г. М., А. Н. Елькин. Природа и механизм трения каучукоподобных полимеров в различных физических состояниях. Механика полимеров. 1967. №1. С. 123-155.
3. Боуден Ф.П. Трение и смазка твердых тел : уч. пособ. / Москва: Машиностроение. 1968. 542 с.
4. Пичкова А.В. Насосы вакуумные, шестеренные, винтовые, поршневые: каталог ВАМИ / Ленинград. 1977. 196 с.
5. Сиротюк В.М. Машины та обладнання для тваринництва : курс лекцій / Львів: ЛДАУ. 2000. 185 с.
6. Вакуумний насос: пат. 18566 Україна: МПК А01С3/04, № u200605094; заявл. 10.05.06; опубл. 15.11.06, Бюл. № 11. 4 с.
7. Сиротюк В.М. Березовецька О.Г., Гайдучок В.М., Березовецький С.А. Трибомеханічні системи вакуумних насосів з вдосконаленими роторами. Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. 2008. №6. С.138-142.
8. Седов Л.И. Механика сплошной среды: учеб. для вузов / Москва: Наука. Том 1. 1983. 528 с.



УДК 631.22

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТУ ТВАРИН У МОЛОЧНОМУ СКОТАРСТВІ

Болтянський Б. В., к.т.н., доцент,

Дереза О. О., к.т.н., доцент,

Дереза С. В., ст. викладач,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Спеціалізація й концентрація у птахівництві та свинарстві переконливо доводять ефективність утримання великої кількості поголів'я тварин та птиці на одиниці площі. Нині в скотарстві відбувається те ж саме. Вже є ферми на 6, 12, 24 тисячі корів у США, і навіть на 50 тисяч - У Китаї. З одного боку, така спеціалізація, безперечно, дає надзвичайно високий економічний ефект завдяки низькій собівартості виробленої продукції та її великим обсягам з контрольованою якістю. З другого боку, висока концентрація тварин в одному місці потребує чітких технологій утримання, профілактики захворювань та однотипності на генетичному рівні [1-4].

Щодо невеликих ферм, то вони є як в інших країнах світу, так і в Україні. Це ферми з поголів'ям від 20 до 200 корів, на яких використовують, в основному, прив'язне утримання, доїння в молокопровід або у молочні відра. На таких фермах досягають високої продуктивності, але собівартість молока вища завдяки додатковому обладнанню, більшій кількості працівників і невисокому обсягу валового виробництва. Ці чинники нині зменшують ефективність ведення молочного скотарства [5,6].

Від яких же факторів залежить комфорт корів, а отже і їхня продуктивність? До них можна віднести систему утримання, моціон, мікроклімат тваринницького приміщення, умови утримання корів в тваринницькому приміщенні, збалансованість раціону годівлі тощо. Розглянемо їх більш детально.

Утримання корів. В Україні застосовують дві основні системи утримання тварин: з використанням прив'язі та без неї. Ці системи кардинально різняться між собою і по різному впливають на самопочуття, а, відповідно, й на продуктивність тварин. Де ж корові було б комфортніше жити? Насамперед, це умови, які були б максимально наближені до природних: можливість вільного пересування, свіже повітря, оптимальна температура та вологість, чиста підлога, вільний доступ до кормів та води, зручне місце відпочинку та постійний «гурт співмешканців» [6,7].

Пересування, або моціон. Ще залишаються ферми, де тварини протягом життя взагалі не виходять зі свого стійла або виходять лише влітку до таборів. На цих фермах не передбачено навіть вигульних майданчиків. Наслідки такого утримання дуже сумні: продуктивність корів не вище 3500 кг молока за лактацію, сервіс-період - понад 200 днів, вихід телят не перевищує 60 одиниць на 100 корів. На інших фермах використовують вигульні майданчики, але кожен використовується по-своєму. Якщо майданчик не має твердого покриття, то тварини «вигулюються» глибоко в багнюці або взагалі виходять зі стійла лише за сухої погоди. Не всі господарі знають, що глибина багна всього 2,5 см зменшує споживання сухої речовини раціону на 2,5%. Як наслідок, зменшення продуктивності корови [1,7].

Мікроклімат тваринницького приміщення. У проектах приміщень для прив'язного утримання тварин передбачено приплив свіжого повітря крізь вхідні ворота, а витік – крізь душники, що розміщені в стелі на відстані 8-10 м один від одного. Гарантувати комфортну вентиляцію за таких умов просто неможливо: ворота практично завжди зачинені, а душники не можуть забезпечити витягування нагрітого й забрудненого повітря по всій довжині приміщення. Як наслідок, вологе нагріте повітря, яке ще й забруднене аміаком, провокує різного роду хвороби легенів: гострі респіраторні інфекції, пневмонії), – що є однією з причин захворювання на туберкульоз. До того ж, підвищена температура в приміщенні (понад 20-30<sup>0</sup> С) є причиною зменшення споживання сухої речовини раціону (3% на кожний градус підвищення). При цьому збільшується споживання води, підвищується температура тіла, внаслідок чого змінюється обмін речовин в організмі й, відповідно, зменшується продуктивність.

Стойло. Традиційно місце для відпочинку тварин облаштовують із керамзитобетону або бетону, зверху яких стелять дерев'яну підлогу з нахилом до каналу гноєвидалення. Часто під передні кінцівки втрамбовують глину, нібито для зменшення навантаження на передні кінцівки під час вставання тварини. Довжина стійл в дво- і чотирирядному корівнику становить 1,8-2,0 м, звичайно ж, без урахування розміру тварини. Солома, яку більшість власників використовує як підстилку, малогіроскопічна, бо не має лігнінової оболонки. Тверда підлога не може копіювати форму тіла тварини. Нахил стійла, та якщо ще воно і вологе від сечі, створює справжню ковзанку, особливо під час вставання. Глина в передній частині стійла має дві негативні властивості: за регулярного трамбування вона стає твердою як бетон, а в разі потрапляння вологи перетворюється на болото. Довжину стійла індивідуально під тварину відрегулювати неможливо, ширина нічим не обмежується. Тому корови з коротким тулубом лежать прямо, а довші – навкоси. Внаслідок цього всі

випорожнення залишаються в стійлі і не потрапляють у канал видалення гною. Тварина змушена лежати в багні, а господар має брудну корову з низькою якістю молока та суттєвим зменшенням прибутковості.

Годівля й напування. Не всі тварини, які перебувають в одному корівнику, разом споживають корм. Звичайно, за винятком випадків, коли вони не мали корму протягом тривалого часу. Період, коли худоба не має доступу до кормів, не повинен перевищувати 30-40 хвилин. Триваліший термін зменшує споживання сухої речовини і, як наслідок, продуктивність тварини. До того ж, такий корівник удень освітлюється через віконні отвори, що, як водиться, розміщені позаду корів. У вечірні години штучне освітлення теж позаду тварин – для зручності доїння, в нічні – його взагалі майже немає. Вода в житті тварини займає дуже важливе місце. Її якість не може бути гіршою, ніж у питній воді для людей – і за чистотою і за вмістом солей. Доступ до води має бути постійний, особливо після доїння, бо корова прагне відновити баланс води після втрати її з молоком [4,6,7].

Психологія перебування в групі. Тварини схильні до життя в постійному оточенні, в групі, де не більше 50 голів. При цьому вони створюють психологічно сталий колектив зі своїм альфа-лідером і пересічними особинами. Збільшення стада до 100 й більше тварин, постійне перегрупування створюють напруження й стресову ситуацію, за якої одержати високу продуктивність дуже проблематично.

Способи забезпечення комфортного утримання худоби. Сучасні ферми з безприв'язним утриманням тварин в повній мірі забезпечують потреби тварин у комфорті. В них є можливість для моціону, вільного доступу до кормів і споживання води. Вентиляція здійснюється крізь відкриті стіни, ворота й стелю, високо збудований дах забезпечує потрібний об'єм повітря. Стійла в таких фермах облаштовано для індивідуального відпочинку з використанням для лежання зручних матеріалів, зокрема піску. Температура й вологість повітря підтримуються за допомогою вмонтованих потужних вентиляторів та обприскувачів тварин водою, особливо в доїльних залах. Підтримання психологічно сталих груп забезпечується керованим відтворенням череди. Створення такого комфорту гарантує отримання генетичного потенціалу для підвищення продуктивності корів.

На жаль поки ще не всі власники тварин можуть профінансувати будівництво ферми з відповідними параметрами, хоча значний економічний сенс у цьому є.

Що ж можна зробити на наявній фермі зі стійловим утриманням? Найперше, забезпечити тварин вигульними майданчиками з твердим покриттям, облаштувати їх навісами від негоди й сонця. Використовувати ці майданчики треба максимально – від доїння до доїння протягом усього року, незалежно від погоди. Потрібно

забезпечити тваринам цілодобовий доступ до кормів і води з якісним освітленням кормових столів удень і вночі.

Стійла краще висипати річковим піском, який виконає три функції: забере вологу, набуде форми тіла тварини, вичистить її. Психологічний комфорт у стаді впродовж усього терміну утримання найкращим буде в групах, де менше 50 голів, до того ж, ці групи мають бути разом і на вигульних майданчиках.

Застосування цих методів створення комфортного утримання надасть можливість реалізувати генетичний потенціал продуктивності та дозволить суттєво збільшити ефективність тварин.

#### **Список використаних джерел**

1. «Механізовані технології в виробництві сільськогосподарської продукції». Посібник-практикум / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, Н.І. Болтянська, Б.В. Болтянський, С.В. Дереза, С.М. Григоренко. – Мелітополь: Люкс, 2019. – 303с.

2. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158.

3. Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

4. «Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві»: підручник / Б.В. Болтянський, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, Н.І. Болтянська, С.В. Дереза. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. - 410 с.

5. Study of hydromechanical parameters part of the water solutions household in running flows / Serhii Movchan, Olena Dereza, Serhii Mazilin, Serhii Dereza // Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG, 2019. С.145-160.

6. Дереза О.О., Болтянський Б.В., Дереза С.В. Розрахунок механізованої системи водопостачання сімейної тваринницької ферми // Матеріали X Науково-практичної конференції «Меліорація та водовикористання. З нагоди 130-річчя першого водопроводу міста Мелітополя» / Укладачі: С.І. Мовчан, Т.М. Новах, С.О. Ісаченко, ФОП «Ландар С.М.», Комунальне підприємство «Водоканал» Мелітопольської міської ради Запорізької області, Мелітополь, 2019 р., С.36-41.

7. Skliar A., Boltianskyi B., Boltianska N., Demyanenko D. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. – Springer Nature Switzerland AG, 2019. С. 249-259.

8. «Машиновикористання техніки в тваринництві»: навчальний посібник для виконання лабораторних робіт [Н.І. Болтянська, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр та ін.]. – Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. – 180 с.

УДК 631.171.075.3

## ВПЛИВ ВОЛОГОСТІ НАСІННЯ СОНЯШНИКА НА ШВИДКІСТЬ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Прокопенко К.Ю.<sup>1</sup>, бакалавр

Колодій О.С.<sup>1</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.

**Постановка проблеми.** Соняшник - основна олійна культура в Україні. Сільськогосподарські виробники збільшують виробництво, переробку та експорт своєї переробленої продукції.

Висока рентабельність в порівнянні з іншими олійними та зерновими культурами спонукала українських фермерів збільшити площі під соняшником майже на 20%. Це можливість встановити рекорд сезону 2019 року за сприятливих погодних умов. Міністерство сільського господарства і продовольства України заявляє, що збере 13,3 мільйона тонн.

Тому підвищення врожайності соняшнику - одна з основних задач українських аграріїв. Існує безліч способів збільшення врожайності соняшнику. Один із способів підвищити врожайність соняшнику - використовувати при посадці насіння з найвищими біологічними властивостями.

Після аналізу літературних джерел було встановлено, що вибір найбільш живильним, тобто найбільш продуктивною насінневої маси масою 1000 насінин (80-100 г) дозволяє підвищити врожайність на 3-5 центнерів з гектара. [1-3].

Вологість дуже впливає на процес сепарування насіння, тому перед нами постала задача дослідити вплив вологості на сепарування насіння соняшника.

**Основні матеріали дослідження.** Вміст вологи в насінні соняшнику впливає на вагу кожного насіння. У міру зростання, коли вміст вологи в насінні збільшується, їх вага збільшується, що погіршує якість навколишнього середовища в потоці повітря.

Загалом із літератури відомо, що насіння має чотири рівні вмісту вологи, коли воно береться на місцях переробки [5, 7]:

- сухий стан 7%;
- середня сухість 7 ... 8%;
- вологий 8 ... 9%;
- над вологий станом - понад 9%.

Якщо вміст вологи в соняшнику становить 7% або менше, її важливість буде критичною, коли волога повністю поглинеться і її не можливо видалити із насіння.



Ми розробили наступну методику для визначення величини швидкості повітря, необхідної в вертикальному каналі придушення.

1. Визначимо раціональну швидкість повітряного потоку в аспіраційному каналі 4,5 - 5 м/с за допомогою трубки Піто [2].

2. Насіння (100 г), що має вологість (до 7%), розділяли на мішені, розташованій над окремими приймачами продукту, і покривали тонким шаром клейкого матеріалу (тип ЛитоЛ-24).

3. Середній діаметр насіння, отриманого після сепарування з початковою швидкістю, знаходили шляхом заміру.

4. Необхідну вологість насіння отримували наступним чином: обприскували водою 20 випадкових насінин. Після чого заміряли вологість насіння.

5. Лазерний гігрометр використовували для вимірювання вологості полум'я з такими характеристиками:

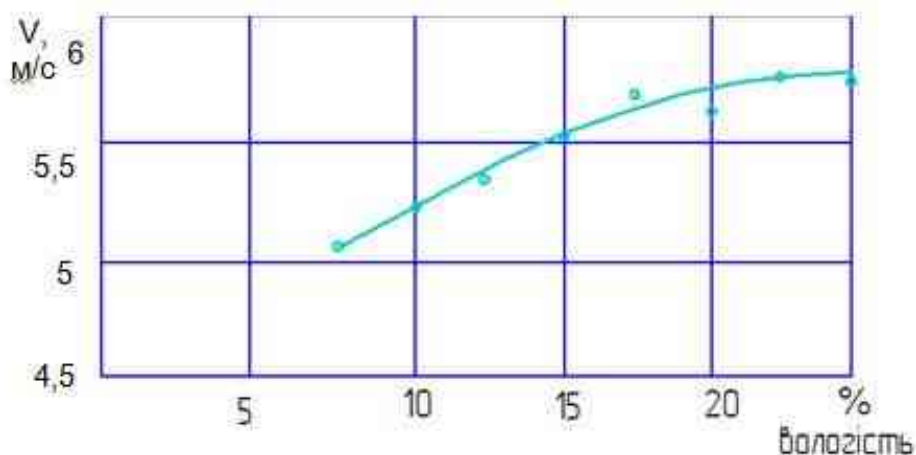
Діапазон вимірювання 6-30%;

Похибка вимірювання 1%.

Після експериментів насіння сушили в печі, а вихідну вологість перевіряли зважуванням вологого та сухого насіння.

Отримавши результати, ми вирішили подати гаряче повітря при 50 °С у розпилювальний канал і виконати всі вищезазначені пункти.

Щоб вивчити вплив вологості насіння соняшнику на раціональну швидкість потоку повітря, ми побудували графік, показаний на рис. 1.



**Рис. 1. Графік залежності раціональної швидкості повітряного потоку сепаратора від вологості насіння**

Як видно з графіка на рис. 1, коли вологість насіння соняшнику зростає з 7% до 20%, повітряний потік повинен збільшитися з 5,5 м / с до 6 м/с для розподілу високоякісного насіння.

Експериментуючи з температурою 50°С, ми дійшли висновку, що гаряче повітря не зробило значного впливу на якість розподілу насіння. Це пов'язано з тим, що канал має малу висоту, тому насіння недостатньо добре змішуються.

**Висновки.** Таким чином, дослідження показують, вологість значно впливає на якість сепарування насіння. При збільшенні вологості

насіння соняшника від 7% до 20% необхідно збільшувати швидкість повітряного потоку в середині аспіраційного каналу до 5,5-6м/с. Підігрівання повітря до 50°C перед подачею його в аспіраційний канал сепаратора значного покращення розподілу не дає.

**Список використаних джерел**

1. Кюрчев С. В., Колодій О. С. Результати дослідження раціональних розмірів вертикального аспіраційного каналу сепаратора насіння сільськогосподарських культур. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Серія: технічні науки. Харків, 2014. Вип. 148. С. 56–63.

2. Колодій О.С., Кюрчев С.В. Методики исследования параметров сепаратора семян предложенного типа Motrol “Motorization and energetics in agriculture”, Lublin-Rzeszow, 2013 Vol.15, No2. p. 205-213.

3. Кюрчев С.В., Колодій О.С. Аналіз методів збільшення врожайності сільськогосподарських культур та вимоги до сепаруємого матеріалу. Праці ВНАУ: зб. наук. пр. Вінниця, 2012. Вип. 11(66). С. 311-322.

4. Кюрчев С. В. Методика дослідження впливу вологості насіння соняшника на раціональну швидкість повітряного потоку в пневмогравітаційному сепараторі. Техніка та енергетика. Київ, 2018. Т. 9, № 2. С. 139–141.

**УДК 631.24**

**РОЗРОБКА ДРОБАРКИ - ЗМІШУВАЧА КОНЦКОРМІВ**

Дереза С.В., ст. викладач

Димченко Д., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Особливе місце в кормовому раціоні тварин займають зернові корми, які характеризуються високим вмістом поживних речовин і відмінними смаковими якостями. У фуражному зерні нараховують більше 20 найменувань мінеральних речовин. Однак зернові корми будуть малоефективними, якщо згодовувати їх у не подрібненому вигляді. Після подрібнення поживні речовини стають більш доступними для перетравлення. Фуражне зерно, як правило, подрібнюють на молоткових дробарках [1]. В Україні в дійсний час випускаються дробарки фуражного зерна або з малою продуктивністю до 150-200 кг/год (ДЗ-Т-1, ЭЗД-Т-1 «Илек», «Таврия», МКДВ тощо), або з продуктивністю більше 2000 кг/год (КДУ-2, КДМ-2, ДБ-5, ДКМ-5) [1] і практично відсутні дробарки

з продуктивністю від 200 до 2000 кг/год. Селянським, фермерським, невеликим колективним господарствам не доречно використовувати ні дробарки з малою продуктивністю (вони не розраховані на тривалий час роботи), ні потужні дробарки (багато часу будуть простоювати). Тому пропонується розробка мобільної дробарки фуражного зерна з продуктивністю до 1300 кг/год. При подрібненні суміші декількох зернових культур, окрім подрібнення, машина може змішувати продукти подрібнення. Складається дробарка-змішувач із наступних вузлів: подрібнювача, шнека, бункера, приводів подрібнювача і шнека, корпусу з вивантажувальним рукавом.

В корпусі дробарки-змішувача розміщено шнек для транспортування подрібненого зерна. Зверху шнека передбачена порожнина для циркуляції та змішування продуктів розмелу. Корпус, з метою переміщення, встановлено на колеса. Положення корпусу відносно горизонту може змінюватись. Як правило, корпус встановлюється із кутом нахилу  $45 - 55^\circ$ . До нижньої частини корпусу прикріплено подрібнювач зерна з приводом і бункером. До верхнього – привод шнека. Привод шнека здійснюється від мотор-редуктор МЦ2С-100-90 з електродвигуном 4А100L4Р3 потужністю 4,0 кВт. Подрібнювач зерна представляє собою молотковий ротор, розміщений в корпусі. У нижній частині корпусу молоткового ротора є вивантажувальне вікно, яке перекривається змінним решетом. У боковій частині корпусу подрібнювача виконано завантажувальне вікно, куди з бункера поступає безперервним потоком зерно. Кількість зерна змінюється за допомогою регулювальної заслінки. На чотирьох пальцях молоткового ротора шарнірно розміщені 24 молотки. Для ефективного використання молотків вони мають дві осі обертання. Приводиться в дію подрібнювач від електродвигуна потужністю 5,5 кВт із синхронною частотою обертання  $3000 \text{ хв}^{-1}$ .

Працює дробарка-змішувач наступним чином. Зерно, яке поступає з бункера попадає через завантажувальне вікно в зону дії молоткового ротора. Молотками зерно інтенсивно подрібнюється і через змінне решето просипається на нижні витки шнека. Під час обертання шнек транспортує продукти розмелу і через розвантажувальне вікно вивантажує його в бункер-накопичувач або на збірний транспортер. У випадку коли додатково окрім подрібнення виконується перемішування продуктів розмелу, розвантажувальне вікно шнека перекривається заслінкою. Тоді продукти розмелу через верхню порожнину в корпусі переміщуються донизу і знову шнеком транспортуються до розвантажувального вікна.

#### ***Список використаних джерел***

1. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

УДК 669.058.620.194

## ВІДНОВЛЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ, ЯКА ПРАЦЮЄ В АГРЕСИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Березовецький А.П., к.т.н.,

Тимочко В.О., к.т.н.,

Городецький І.М., к.т.н.

*Львівський національний аграрний університет, м. Львів, Україна.*

**Постановка проблеми.** Під час механізації сільськогосподарського виробництва досить широко використовуються зварні конструкції [1]. Перед конструкторами і технологами виникають складні завдання створення таких конструкцій шляхом з'єднання катаних, кованих і відлитої елементів зварюванням, яке забезпечило би рівноцінність шва і основного металу при статичних, ударних і циклічних навантаженнях. Більшість зварних конструкцій працюють в контакт з агресивними робочими середовищами [2].

**Аналіз досліджень.** Характеристика властивостей зварного з'єднання визначається [3]:

1. Структурно-хімічною макро і мікронеоднорідністю металу; мікронеоднорідність пов'язана з наявністю відлитого металу шва, зони термічного впливу із серією перехідних структур і основного металу, не підданого впливу зварювання; мікронеоднорідність обумовлена наявністю зерен, границь зерен, фаз, включень та ін. в межах кожної зони зварного з'єднання;

2. Неоднорідністю пружно пластичного напруженого стану, викликаного нерівномірним розподілом залишкових деформацій в зварному з'єднанні, а також концентрацією напружень і деформацій від зовнішнього навантаження через геометричну неоднорідність зварного з'єднання;

3. Геометричною неоднорідністю, пов'язаною з наявністю: а) зовнішніх дефектів форми шва (непроварів, підрізів, несплавлень, тріщин та ін.); б) внутрішніх дефектів (тріщин, пор та ін.); в) конструктивних концентраторів напружень, які залежать від конфігурації зварного шва і типу зварного з'єднання (стикове, внапусток, таврове, кутове та ін.).

**Формулювання мети статті.** Визначити позитивний ефект дробоструменевої обробки зварних з'єднань.

**Основна частина.** Випробовували на малоциклову втому гладкі зразки сталі 45Г17ЮЗ, стикові зварні зразки з цієї партії, а також зварні оброблені дробом. Шви виконувалися автоматичним зварюванням

дротом СВ-08А під флюсом ОСЦ-45. Зварювання зразків супроводжується виникненням концентрації напружень, а також виникненням зони термічного впливу і наведенням високих залишкових напружень розтягу.

Як видно із результатів випробувань на малоциклову втому (табл. 1), зварювання різко знижує малоциклову довговічність сталі 45Г17ЮЗ на повітрі, і особливо, в корозійному середовищі [4]. Так при відносній деформації  $\varepsilon=0,61\%$  довговічність сталі в середовищі рідких добрив кабамід-аміачна селітра (КАС) внаслідок зварювання понизилася майже в 9 разів. З підвищенням величини циклічної деформації шкідливий вплив зварювання знижується. Дробоструменева обробка підвищує малоциклову довговічність зварних зразків (при деформації  $\varepsilon=0,61\%$ ) на повітрі на 30%, а в середовищі КАС на 70%.

Таблиця 1

**Вплив зварювання і дробоструменевої обробки на малоциклову довговічність сталі 45Г17ЮЗ**

Вид технології обробки	Довговічність N, тис. циклів до руйнування			
	$\varepsilon = 0.8\%$		$\varepsilon = 0.6\%$	
	повітря	корозійне середовище	повітря	корозійне середовище
Вихідний	9.2	7.2	29.5	20.9
Стикове зварювання	1.8	1.5	3.8	2.4
Стикове зварювання + обробка дробом	2.4	2.0	5.0	4.1

Аналіз наведених даних не дає однозначної відповіді на запитання, який же із трьох основних факторів, що супроводжують зварювання - концентрація напружень, зміна властивостей навколошовної зони чи залишкові напруження, є першорядними, переважаючими за впливом на малоциклову довговічність сталі. Ці фактори взаємопов'язані і взаємозалежні.

Щоб визначити роль кожного, вивчили вплив зварювання на малоциклову довговічність сталі без концентратора напружень. Для цієї мети зварювання на гладких зразках ( $t=6$  мм), виготовлених з елементів сільськогосподарської техніки, імітували плямою нагріву, тобто шляхом крапкового нагріву до  $1073^\circ\text{K}$ . В процесі крапкового нагріву відбувається зміна структури, появляються залишкові напруження розтягу, проте концентрація напружень не виникає. Тому випробуваннями таких зразків виявляли вплив зміни структури і залишкових напружень аналогічних зварним, на довговічність сталі.



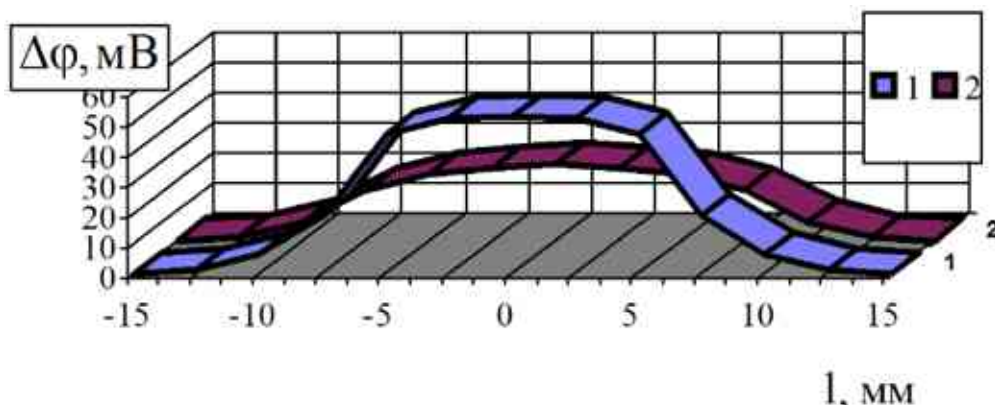
Аналізуючи результати випробувань на малоциклову втому, які приведені в табл. 2 можна відмітити, що пляма нагріву суттєво знижує малоциклову довговічність сталі. Порівнюючи результати випробувань зварних зразків (табл. 1) і з плямою нагріву (табл.2), можна зробити висновок, що завдячуючи відсутності концентрації напружень довговічність зразків з плямою нагріву понижується всього в 2,3 рази, тоді як у зварних це зниження досягло 7,7 разів.

Таблиця 2

**Вплив плями нагріву і дробоструменевої обробки на малоциклову довговічність сталі 45Г17Ю3**

Вид технології обробки	Довговічність N, тис. циклів до руйнування			
	$\varepsilon = 0.8\%$		$\varepsilon = 0.6\%$	
	повітря	корозійне середовище	повітря	корозійне середовище
Вихідний	9.2	7.8	29.5	22.4
Пляма нагріву	6.0	4.6	12.8	7.8
Пляма нагріву + обробка дробом	6.2	5.9	13.4	12.4

Однією з головних причин локалізації корозійного процесу в зоні шва є велика неоднорідність зварного з'єднання в порівнянні з основним металом. Ступінь електрохімічної гетерогенності зварного з'єднання може бути охарактеризована різницею електродних потенціалів в різних зонах зварного з'єднання. Після дробоструменевої обробки відбувається зближення величин потенціалів шва і основного металу, зменшення електрохімічної гетерогенності зварного з'єднання (рис. 1), що пов'язано зі зниженням рівня розтягуючих напружень, вирівнюванням структури і хімічного складу [5].



**Рис. 1. Електрохімічна гетерогенність сталі 45Г17Ю3 з плямою нагріву: 1 - без дробоструменевої обробки; 2 - після дробоструменевої обробки**

**Висновок.** Із наведених експериментальних даних можна прийти до висновку, що зварювання приводить до різкого зниження

малоциклової довговічності сталі 45Г17ЮЗ в зв'язку з виникненням концентрації напружень, зміною властивостей навколошовної зони і появою розтягуючих залишкових напружень. Дробоструменева обробка зони зварювання знижує чутливість сталі до місцевого локального концентратора напружень і зменшує величину залишкових напружень розтягу в поверхневому шарі, що підвищує малоциклову довговічність сталі, особливо в корозійному середовищі.

#### **Список використаних джерел**

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: справочник / Москва: Машиностроение. Т1. 2006. 926 с.
2. Пистун И.П., Хомяк И.В., Березовецкий А.П. Испитания на сопротивление малоцикловой усталости конструкционных сталей в коррозионных средах. *Коррозия и защита сооружений в газовой промышленности*. 1991. № 4. С. 28-32.
3. Труфянова В.И. Прочность сварных соединений при переменных нагрузках : уч. пособ. / Київ: Наук. думка. 1990. 256 с.
4. Рибак Т.І. Підвищення надійності машин для хімічного захисту у рослинництві: навч. посіб./ Київ: Урожай. 1986. 104 с.
5. Кудрявцев И.В. Поверхностный наклеп для повышения прочности и долговечности деталей машин: уч. пособ. / Москва: Машиностроение. 1969. 100 с.

УДК 631.333.92:631.22.018

## ПОРІВНЯЛЬНІ ПОКАЗНИКИ АНАЕРОБНОЇ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА

Скляр Р.В., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Одним з напрямків економічного розвитку суспільства є розвиток ресурсозберігаючих технологій [1-3]. Такі технології, забезпечують виробництво продукції з мінімально можливою витратою палива й інших джерел енергії, а також сировини, матеріалів, повітря, води та інших ресурсів для технологічних цілей [3]. Вони включають в себе використання вторинних ресурсів, утилізацію відходів, а також рекуперацію енергії, замкнуту систему водозабезпечення. Дозволяють економити природні ресурси і уникати забруднення навколишнього середовища.

Грамотне вживання відходів сільського господарства - глобальна і важлива проблема в нашому світі [1-3]. З одного боку вона пов'язана, з можливістю утилізації енергії біомаси та отриманням з неї рідкого і газоподібного палива (біогазу), з іншого боку сприяє запобіганню забрудненню водних об'єктів, зараженню ґрунтового покриву землі патогенними мікроорганізмами і гельмінтами, які знаходяться в гнойових стоках тваринницьких ферм.

Великої шкоди навколишньому середовищу надають саме великі тваринницькі виробництва. Щоб слідувати сучасним тенденціям вони повинні модернізуватися. Більшість таких підприємств встановлюють біогазові установки [4,5], засновані на отриманні біогазу і біодобрив шляхом анаеробного зброджування відходів тваринництва під впливом мікроорганізмів. Виробництво біогазу допомагає запобігти викиду метану в атмосферу, найкращим способом запобігання глобальному потеплінню є уловлювання метану [6].

Основна діяльність тваринницьких ферм і птахофабрик поряд з виробництвом м'яса, молока, яєць і продуктів їх переробки, повинна бути спрямована на екологізацію виробництва і переведення підприємств на безвідходні технології. В цілому ферментація органічних відходів може задовольнити чималу частину енергетичних потреб населення та сприяти ресурсозбереженню. Біоенергетичні установки дозволяють економити ресурси і знімають частину енергетичного дефіциту в сільськогосподарських районах [5,6], в сфері малої промислової діяльності, в побуті, і можуть стати істотним елементом в системі регіональної енергетичної та екологічної стратегії.

Важливим завданням будь-якого біотехнологічного процесу є розробка і оптимізація науково-обґрунтованої технології та апаратури для

нього. При організації біотехнологічних виробництв потрібно враховувати, що біотехнологічні процеси мають істотну відмінність від хімічних в силу того, що в біотехнології використовують складнішу організацію матерії - біологічну. Кожен біологічний об'єкт (клітка, фермент) - це автономна саморегулююча система [4,5]. Природа біологічних процесів складна і далеко не з'ясована остаточно. Для мікробних популяцій, наприклад, характерна істотна гетерогенність по ряду ознак - вік, фізіологічна активність, стійкість до впливу несприятливих факторів середовища. Гетерогенність також може бути обумовлена наявністю поверхонь розділу фаз і неоднорідністю умов середовища [5].

У загальному вигляді будь-який біотехнологічний процес включає три основні стадії: передферментаційну, ферментаційну і післяферментаційну [6,7]. Стадія ферментації є основною стадією в біотехнологічному процесі, так як в її ході відбувається взаємодія продуцента з субстратом і утворення цільових продуктів. Ця стадія здійснюється в біохімічному реакторі (ферментере) і може бути організована в залежності від особливостей використовуваного продуцента і вимог до типу і якості кінцевого продукту різними способами. Ферментація може проходити в строго асептичних умовах і без дотримання правил стерильності (так звана «незахищена» ферментація); на рідких і на твердих середовищах; анаеробно [6] і аеробно. Аналіз літературних джерел показав, що для переробки відходів тваринництва і забезпечення біотехнологічного процесу розкладання органічних складових з отриманням корисної енергії і продуктів застосовуються в основному: анаеробне зброджування, компостування, термохімічна обробка, вермикомпостування і комплексні технології [6].

Кислототвірні і метанотвірні бактерії зустрічаються в природі повсюдно, зокрема в екскрементах тварин. Наприклад, в травній системі великої рогатої худоби міститься повний набір мікроорганізмів, необхідних для зброджування гною, а сам процес метанового бродіння починається ще в кишечнику.

Тому гній ВРХ часто застосовують в якості сировини, що завантажується в новий реактор, де для початку процесу зброджування досить забезпечити такі умови: підтримка анаеробних умови в реакторі; дотримання температурного режиму; доступність поживних речовин для бактерій; вибір правильного часу зброджування і своєчасна завантаження і вивантаження сировини; дотримання кислотно-лужного балансу; дотримання співвідношення вмісту вуглецю і азоту; вибір правильної вологості сировини; регулярне перемішування і відсутність інгібіторів процесу. На кожен з різних типів бактерій, що беруть участь в трьох етапах метанотворення, ці параметри впливають по-різному. Існує також тісний взаємозв'язок між параметрами (наприклад, вибір часу зброджування залежить від температурного режиму), тому складно визна-

чити точне вплив кожного фактору на кількість що утворюється біогазу. Підтримка оптимальної температури є одним з найважливіших чинників процесу зброджування. У природних умовах утворення біогазу відбувається при температурі від 0 °С до 97 °С, але з урахуванням оптимізації процесу переробки органічних відходів для отримання біогазу і біодобрих виділяють три температурних режиму [5]:

- психрофільний (температура до 20...25 °С);
- мезофільний (25 °С...40 °С);
- термофільний (понад 40 °С).

Анаеробне зброджування широко використовується в Західній Європі, де практикується в основному мезофільне зброджування. За кордоном [6] створення і експлуатація таких виробництв стимулюється державою: безоплатні державні субсидії на будівництво біо заводів, придбання виробленої біо заводами енергії за вигідними цінами.

Психрофільний температурний режим дотримується в установках без підігріву, в яких відсутній контроль за температурою. Найбільш інтенсивне виділення біогазу в психрофільному режимі відбувається при 23 °С. Процес біометанізації дуже чутливий до змін температури. Ступінь цієї чутливості, в свою чергу, залежить від температурних рамок, в яких відбувається переробка сировини. При процесі ферментації можуть бути допустимі зміни температури в межах: психрофільний температурний режим (2 °С в годину), мезофільний температурний режим (1 °С в годину), термофільний температурний режим (0,5 °С в годину) [6]. До переваг термофільного процесу зброджування відносяться (таблиця 1): підвищена швидкість розкладання сировини, отже, більш високий вихід біогазу, а також практично повне знищення хвороботворних бактерій, що містяться в сировині.

Таблиця 1

Порівняльні показники анаеробної переробки відходів тваринництва

Показники	Мезофільне зброджування (t=35 °С)	Термофільне зброджування (t=55 °С)
Час зброджування, доб.	35...40	5...7
Об'єм метантенку, м <sup>3</sup>	1750	300
Вихід біогазу, м <sup>3</sup> /доб. м <sup>3</sup> метантенку	1,1	6,5
Використана електрична енергія на забезпечення процесу, кВт	15	5
Капітальні затрати на будівництво, тис.грн.	16000	6700
Питомі капітальні витрати тис.грн./м <sup>3</sup> гною за рік	750	315



Недоліками термофільного розкладання є: велика кількість енергії, потрібна на підігрів сировини в реакторі, чутливість процесу зброджування до мінімальних змін температури і декілька нижча якість отримуваних біодобрих.

При мезофільному режимі зброджування [7,8] зберігається високий амінокислотний склад біодобрих, але знезараження сировини не таке повне, як при термофільному.

Детальне вивчення методу анаеробного зброджування призвело до висновку, що економічно, технічно і екологічно найбільш ефективним є термофільний режим (таблиця 1).

Термофільний режим в поєднанні з високопродуктивною мікрофлорою дозволяє скоротити час зброджування до 5...7 діб, що веде до значного зниження об'єму споруд, підвищити вихід біогазу з 1,5 м<sup>3</sup> (німецька технологія) до 7...8 м<sup>3</sup> з 1 м<sup>3</sup> метантенка [5]. Значно менше витрачається енергії на проведення процесу термофільним зброджуванням при продуктивності 50 т/добу гною [6].

#### **Список використаних джерел.**

1. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
2. Скляр О.Г, Скляр Р.В. Методологія оптимізації ресурсовикористання у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С. 245-251.
3. Болтянська Н.І. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
4. Скляр О.Г, Скляр Р.В. Напрями використання органічних ресурсів у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С.210-217.
5. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз роботи біогазових установок. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. Вип. № 10 (109). ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. С. 132-138.
6. Войтов В.А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100-109. DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-100-109.
7. Мілько Д.О. Особливості процесу метаногенерації пташиного посліду. Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. Вип.8. Т.2. (DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-6)
8. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

## УДК 63.631.3

## ВПЛИВ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА УДОБРЕННЯ НА ЕКОЛОГО-МЕЛІОРАТИВНИЙ СТАН ТЕМНО-КАШТАНОВОГО ҐРУНТУ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Біднина І.О., кандидат с.-г. наук, с.н.с.

Томницький А.В., кандидат с.-г. наук,

Шкода О.А., кандидат с.-г. наук,

Козирев В.В., кандидат с.-г. наук,

Шарій В.О., аспірант

*Інститут зрошуваного землеробства НААН, м. Херсон, Україна*

З метою визначення впливу систем обробітку ґрунту та удобрення на еколого-меліоративний стан темно-каштанового ґрунту в умовах зрошення півдня України в Інституті зрошуваного землеробства НААН упродовж 2016-2020 рр. проводились дослідження за наступною схемою, яка наведено у таблиці 1.

*Таблиця 1*

**Схема дослідю**

№ ва рі-ан ту	Система основного обробітку ґрунту	Обробіток під культури сівозміни			
		Кукурудза на зерно	Сорго	Пшениця озима	Соя
1	Полицева	20-22 (о)	23-25 (о)	14-16 (о)	25-27 (о)
2	Безполицева	20-22 (ч)	23-25 (ч)	14-16 (ч)	25-27 (ч)
3	Безполицева	12-14 (д)	12-14 (д)	12-14 (д)	12-14 (д)
4	Диференційована-1	8-10 (д)	12-14 (ч) + 38-40 (щ)	8-10 (д)	14-16 (д)
5	Диференційована-2	18-20 (о)	16-18 (ч)	10-12 (д)	14-16 (д)

Примітка: о – оранка; ч – чизельне розпушування; д – дисковий обробіток; щ – щільювання.

Доза добрив під культури: пшениця озима: без добрив, N<sub>90</sub> P<sub>60</sub>, N<sub>120</sub> P<sub>60</sub>; соя: без добрив, N<sub>30</sub> P<sub>60</sub>, N<sub>60</sub> P<sub>60</sub>; кукурудза на зерно: без добрив, N<sub>120</sub>, N<sub>180</sub>; сорго: доза добрив, N<sub>90</sub> P<sub>60</sub>, N<sub>120</sub> P<sub>60</sub>

Дослідженнями встановлено, що в середньому за 2016-2020 рр. за взаємодії варіантів систем тривалого застосування різноглибинного полицевого обробітку ґрунту в сівозміні (варіант 1) і системи диференційованого обробітку сівозміни (варіант 4) та внесенні добрив спостерігалась тенденція зменшення солонцюючої дії слабо мінералізованих поливних вод, де був відмічений найбільший вміст поглинутого кальцію від суми катіонів 66,5-66,8 %. Тоді як вміст магнію та натрію був найбільший при мілкому безполицевому обробітку (варіант 3) – 31,4 і 4,7 % без внесення добрив, та 30,6-30,7 і 4,5-4,6 % від суми катіонів за

внесення добрив відповідно, що свідчить про незначне збільшення вторинного осолонцювання у варіантах з безполицевим способом обробітку ґрунту без внесення добрив. Під впливом зрошення трансформація іонного складу водної витяжки призводила до зміни хімізму засолення з хлоридно-сульфатного натрієво-кальцієвого на хлоридно-сульфатний кальцієво-натрієвий у всіх варіантах, незалежно від факторів, що вивчалися. Найбільш розпушеним ( $1,28 \text{ г/см}^3$ , середнє по 4-х полях) виявився шар ґрунту 0-40 см у системі тривалого застосування різноглибинного полицевого обробітку (варіант 1) та коливався в межах  $1,27-1,28 \text{ г/см}^3$ . Проведення розпушування у системі безполицевого мілкового одноглибинного основного обробітку ґрунту (варіант 3) призвело до зростання досліджуваного показника до  $1,34 \text{ г/см}^3$ . Який був найбільшим з вивчаємих варіантів та коливався в межах  $1,33-1,35 \text{ г/см}^3$  у сівозміні, що призвело до одержання у цих варіантів найнижчих показників пористості.

В прямій залежності від щільності складення орного шару знаходиться його пористість. Так, при визначенні на початку вегетації пористість шару ґрунту 0-40 см була в межах 50,2-52,4%. Істотної різниці між варіантами основного обробітку ґрунту при визначенні, як на початку вегетації так і перед збиранням врожаю не виявлено.

Зниження щільності складення перед збиранням врожаю призвело до зниження водопроникності за мілкового дискового обробітку на 28,1 % порівняно з контролем. Показники водопроникності у варіанті дискового обробітку на глибину 8-10 см в системі диференційованого-2 основного обробітку ґрунту (варіант 5), склали 3,9 мм/хв., а зменшення щільності складення ґрунту завдяки чизельному обробітку на глибину 12-14 см з одним щільюванням за ротацію на 38-40 см в системі диференційованого обробітку ґрунту (варіант 4) сприяє стабільному підвищенню водопроникності ґрунту. Аналіз урожайних даних культур сівозміни в середньому за 2016-2020 рр. показує, що найкращі умови для формування врожаю сільськогосподарських культур у досліді створювалися за диференційованої системи обробітку ґрунту з одним щільюванням за ротацію сівозміни (варіант 4) та з внесенням збільшених доз добрив, що на 1 га сівозмінної площі забезпечило найвищу продуктивність, яка становила для кукурудзи  $15,61 \text{ т/га}$ , сорго –  $8,71$ , пшениці озимої –  $6,88$ , та лише на сої найкращі умови у цьому році створювалися за 1 варіанту –  $3,79 \text{ т/га}$ . Отже, застосування полицевого та диференційованого обробітків у комплексі з мілким безполицевим розпушуванням протягом вегетаційного періоду та внесенням мінеральних добрив сприяло зменшенню інтенсивності іригаційного осолонцювання, агрофізичні властивості залишалися оптимальними для вирощування сільськогосподарських культур, що зумовлювало отримання вищої продуктивності за цих систем обробітку.

УДК 631.22.014

## УДОСКОНАЛЕННЯ МОБІЛЬНОГО КОРМОРОЗДАВАЧА ДЛЯ ДОСТАВКИ, ПОДРІБНЕННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ

Дереза С.В., ст. викладач

Савійський С., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

У даний час спостерігається недостатня увага до питань подрібнення коренеплодів перед згодовуванням великій рогатій худобі. Основною причиною цього являється відсутність на фермах машин для подрібнення коренеплодів. Аналіз літературних джерел [1] показав, що краще коренеплоди згодовувати худобі подрібненими. Для подрібнення коренеплодів використовують коренерізки із різною конструкцією різальних апаратів. Із-за відсутності коренерізок на фермах коренеплоди роздають тваринам цілими.

Коренеплоди займають важливе місце в раціоні годівлі сільськогосподарських тварин. Вони позитивно впливають на фізіологічний стан, молочну та м'ясну продуктивність, ріст і розвиток молодняку всіх видів. Це пояснюється їх особливими якостями. Вони містять багато легкорозчинних вуглеводів, які активують мікробіологічні процеси у передшлунках жуйних тварин; стимулюють виділення травних соків, що сприяє прискоренню перетравності поживних речовин; мають дієтичні властивості. Позитивно впливає на організм тварин і підвищення продуктивності, особливо молочної, внутрішньоклітинна вода [2].

На фермах великої рогатої худоби коренеплоди, як правило, роздають вручну цілими. Пояснюється це відсутністю надійного обладнання для їх подрібнення. Для транспортування коренеплодів від місць зберігання до місць згодовування використовують причепи 2ПТС-4М і їх модифікації, а також мобільні кормороздавачі КТУ-10А. Спроба роздавання коренеплодів кормороздавачем КТУ-10А часто приводить до поломки його бітерного блоку. Окрім цього такий спосіб роздавання коренеплодів характеризується великою нерівномірністю розподілу коренеплодів у годівницях тварин.

Для доставки, подрібнення та роздавання коренеплодів одним транспортним засобом, пропонується переобладнати кормороздавач КТУ-10А. Замість верхнього і нижнього бітерів на кормороздавач встановлюється два ножових барабана.

Ножовий барабан складається із трубчатого вала, на якому на рівній відстані одна від одної приварені 14 пластин товщиною 8 мм. До кожної пластини двома болтами М10 кріпляться по два ножі - правий і лівий. Кінці ножів зігнуті під кутом 135°. Ножі на барабані розміщені

по гвинтовим лініям. Таке розміщення забезпечить рівномірне навантаження на вали барабанів і розвантажить опорні підшипники валів. Товщина ножа – 2,5...3,0 мм, кут заточки – 12°. Діаметр кожного барабана – 400 мм. Ножі можна виготовити в ремонтній майстерні господарства або використати готові. Для цього підходять односторонні плоско ріжучі лапи – бритви із шириною захвата 150 мм від пропашних культиваторів КРН-5,2.

Дослідження показали, що нормальна робота модернізованого комороздавача досягається при обертанні барабанів проти руху повздовжнього транспортеру із частотою 65...75 хв<sup>-1</sup>.

По дослідним даним, за рахунок модернізації мобільного комороздавача КТУ-10А, рівномірність роздавання подрібнених коренеплодів підвищиться в 1,5...2 рази, а затрати ручної праці знизяться у 7...8 разів.

#### *Список використаних джерел*

1. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
2. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

## **УДК 631.2**

### **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОЇННЯ КОРІВ ТА ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА В УКРАЇНІ**

Дереза С.В., ст. викладач

Фесівський В., студент

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

За період незалежності України стан молочного скотарства з кожним роком погіршується. Проблема молока, як сировини для переробної промисловості, яку сьогодні не задовольняє ні якість, ні кількість виробленої продукції, є однією з головних що стосується продовольчої безпеки країни. Серед головних причин такого катастрофічного стану в галузі є те, що комплекс машин, що застосовується на фермах, включає морально застарілу техніку, яка пристосована для використання в умовах безперспективної системи прив'язного утримання і на сьогодні вже вичерпала свій робочий ресурс.



Основні конструкційні і зоотехнічні показники, які характеризують машини для доїння корів і первинної обробки молока – це поголів'я корів, яке обслуговується, швидкість та повнота видоювання корів, збереження якості отриманого молока, відсутність негативного впливу на фізіологічний стан тварин, ергономічність та безпека конструкції.

Машини для первинної обробки молока повинні забезпечувати його швидке охолодження і короткочасне (до 24 годин) зберігання на молочній фермі.

В Україні провідним підприємством в галузі виготовлення машин для доїння корів є ВАТ «Брацлав». До асортименту продукції виробника входять: доїльні установки для доїння у відра (УДБ-100) і молокопровід (УДМ-100) при прив'язному утриманні корів, доїльні установки «Тандем» і «Ялинка» для доїння корів в доїльних залах, доїльні установки УДЛ-12 і УДП-8 для доїння корів на пасовищах та в літніх таборах. Ці установки можуть обслуговувати від 50 до 400 корів.

За останні роки поширюється зацікавленість господарств безприв'язним утриманням корів з доїнням їх в доїльних залах на станкових доїльних установках.

В Україні використовуються всі типи доїльних установок для доїння в залах: «Тандем», «Ялинка», «Паралель» і «Карусель» (останні два типи - зарубіжного виробництва). Найбільше розповсюдження знайшли установки типу «Ялинка» і «Паралель».

Конкурентоспроможною з зарубіжними установками є доїльна установка «Ялинка», технічний рівень якої по деяким показникам навіть дещо перевищує зарубіжні аналоги. Так, за результатами досліджень кількість молока, яка отримана після відключення доїльного апарата не перевищує 50 мл, тоді як на зарубіжних установках цей показник досягає 550 мл.

Аналіз конструкцій зарубіжних доїльних установок показує на широке впровадження мікропроцесорної техніки, яка забезпечує контроль режимів і тривалості доїння, облік видоєного молока, здійснює контроль фізіологічного стану корів, зменшує фізичні навантаження на операторів. Поширюється застосування доїльних роботів, які здійснюють доїння корів без участі людини.

Для зберігання первинних властивостей молока застосовуються охолоджувачі молока з безпосереднім його охолодженням. Процес охолодження молока і промивання резервуарів здійснюється за допомогою мікропроцесорів. Через відсутність власного виробництва охолоджувачів в Україні, на молочних фермах використовують танки-охолоджувачі, які виготовлені за кордоном.

#### ***Список використаних джерел***

1. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

УДК 631.333.92:631.22.018

## ОБҐРУНТУВАННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА ЯК СУБСТРАТУ АНАЕРОБНОЇ ПЕРЕРОБКИ

Скляр О.Г., к.т.н.

Гузь О.О., магістрант

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Негативний вплив сільськогосподарських об'єктів тваринництва на навколишнє середовище [1-3] відбувається не тільки на ґрунт, води (поверхневі водні джерела в зонах забруднення сільськогосподарськими відходами), але також і атмосферне повітря. Необхідно розвивати технології знешкодження відходів тваринництва і їх переробки з отриманням корисної енергії і нових продуктів.

В результаті поточної діяльності тваринницьких ферм, органічні відходи у вигляді гнойових стоків, отримують в наступних видах [4,5]:

- підстилковий гній з концентрацією сухих речовин 12...15%, з вмістом деревної тирси і подрібненої соломи до 4%. Це обумовлено підстилковим утриманням корів і застосуванням механічного видалення гною з приміщень;

- напіврідкий гній з концентрацією сухих речовин 8%, що обумовлено безпідстилковим утриманням тварин та застосуванням самопливного способу видалення гною;

- рідкий гній з концентрацією сухих речовин до 3...4%, що отримується при безпідстилковому утриманні тварин і гідравлічному способі його видалення із застосуванням мінімальної кількості рідини;

- гнойові стоки з концентрацією сухих речовин 1...2%, що утворюються задля забезпечення санітарних вимог, коли вода застосовується для промивання місць утримання тварин, гній видаляється гідравлічним способом зі скотомісць і гнойових стоків, на великих тваринницьких фермах.

У зв'язку з цим, субстрат, що надходить в анаеробну біогазову установку відповідно до свого фізичного складу є багатофазним колоїдно-полідисперсним середовищем, основними частинами якого є тверді і рідкі виділення тварин, залишки корму, технологічна вода і газ, що утворюється в результаті біохімічних процесів [4,5].

Одним з обов'язкових умов життєдіяльності метаногенних мікроорганізмів є наявність вільної води в субстраті – більш рідке середовище сприяє більш повному розкладанню органічних речовин. Оптимальна величина концентрації органічних речовин, при якій здійснюється зброджування, в біореакторі є 5...20%.

Ефективність процесу анаеробної переробки багато залежить від складу субстрату. Класифікацію властивостей субстрату для анаеробної переробки (рис. 1), засновано на класифікації властивостей самого гною і багато в чому визначаються його складом, підрозділяється на фізичні, хімічні, біологічні, корозійні [5].



Рис. 1. Властивості субстрату, що зброджується

Реологічні властивості субстрату на основі органічних відходів тваринництва характеризуються плинністю, яка визначається динамічною в'язкістю і граничним напруженням зсуву. Безповоротні втрати корму, що потрапляють в гній, погіршують плинність субстрату.

Плинність залежить від ступеня гомогенізації гною, тобто від ступеня перемішування калу і сечі. Зі збільшенням вологості від 92% до 98%, коефіцієнт динамічної в'язкості зменшується від 23 до 20 Па·с, максимальне напруження зсуву від 1,7 до 0,2 Па [4]. Зменшення в'язкості по мірі розведення водою та підвищення температури є однією з основних причин зміни швидкості розшарування. Це призводить до утворення осадового і плаваючого шарів з високим вмістом твердих части-

нок. Вихідний гній для субстрату однієї і тієї ж вологості при згодовуванні тваринам кормів з високим вмістом клітковини і низьким вмістом протеїну має більшу в'язкість.

Аналіз суміші характеризується наявністю сухої речовини. Суха речовина складається з органічної частини і неорганічної. Суха речовина суміші включає в себе основні складові: жири, вуглеводи і білки; структурні матеріали - лігнін, целюлоза, геміцелюлоза, клітковина. У той же час в сухій речовині присутні - Mn, Cu, Ca, Zn.

З'єднання можуть знаходитися в стійкому, розчиненому, колоїдному стані і можуть переходити з одного стану в інший. Аміак є рідкою формою азоту. Він утворюється в анаеробних умовах. В гної міститься фосфор органічних сполук, який так важливий для рослин. Калій, що міститься в суміші, являє собою розчинну форму [5,6].

Субстрат корозії визначається складом корозійно-активних речовин (розчинюючого вапна, вуглекислоти, сульфатної і сульфідної сірки, амонійного азоту, хлоридів). Прискореність даного процесу залежить від вологості матеріалу [5,6]. На основі синтезу властивостей суміші на підставі органіки живих істот, що використовуються для даного процесу, можна зробити наступні висновки:

- хімічні, біологічні і фізичні властивості субстрату на основі органіки відходів тварин мають істотний вплив на утилізацію;
- до теперішнього часу не вивчені реологічні властивості субстрату: кінематична в'язкість і поверхневий натяг.

#### **Список використаних джерел.**

1. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
2. Болтянська Н.І. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
3. Войтов В.А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100-109. DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-100-109.
4. Скляр Р.В. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва. Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 298-304.
5. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Властивості біодобрих, що отримуються після анаеробної ферментації гною. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 13. Т.3. С.110 -118.
6. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродіння. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Харків, 2015. Вип. 156. С. 649-655.
7. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 620.952

## ДОЦІЛЬНІСТЬ ГРАНУЛЮВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ РОСЛИННОГО І ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Комар А.С., інж.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

**Постановка проблеми.** Близько 95% всієї світової енергії сьогодні виробляється з непоновлюваних джерел (природний газ, нафта, вугілля). Наприкінці минулого століття розпочали застосовувати технології по видобуванню енергії з відходів органічного походження, до яких входять і паливні гранули (пелети) [1,2]. Зростання попиту на пелети в Європі останніми роками зумовлений політикою ЄС щодо клімату, зокрема, заходи щодо скорочення викидів парникових газів в атмосферу. Майже 85% світового ринку споживання ущільненого біопалива припадає на Європу.

Потужності виробництва пелет в Україні за типами сировини дуже різняться: деревина, солома, лушпиння, торф, очерет, макуха, люцерна, деревне вугілля, рис, відходи переробки борошна, кукурудза, лігнін, гідролізні смоли тощо.

Загальне виробництво пелет в Україні у 2015 р. становило 1 319 465 т на 494 підприємствах. Виробництво пелет з деревини становило до 390 000 т, лушпиння – 723 650 т, соломи – 146 000 т, торфу – 8400 т, інші – 51 835 т [1,3].

Гранули з органічних відходів є екологічно чистим видом твердого біопалива, яке широко використовується в розвинутих країнах.

Питання переробки пташиного посліду одне з найактуальніших в світі з точки зору екології. Сучасні птахівницькі комплекси є виробниками не лише м'яса і яєць птиці, але і відходів, причому в кількості набагато більшій, ніж основної продукції. Найбільш питому вагу серед них займає послід [3].

У низинах Дніпра, де річка ділиться на рукави, між якими поступово зникають ділянки суші, виростає один з найбільш швидко поновлюваних джерел енергії – очерет. Було б дивно, якби людина не скористалася цим природним матеріалом, зростаючим в надмірній кількості. За своєю теплотворною здатністю очерет нітрохи не поступаються вугіллю.

Вигідним способом утилізації очеретяної маси та пташиного посліду є виробництво з них паливних гранул.

**Основні матеріали дослідження.** Суттєвий внесок у вивчення питання ущільнення відходів органічного походження зробили такі вітчиз-



зняні та зарубіжні вчені, як: В. П. Горячкін, Є. М. Гутьяр, М. О. Пустигін, Г. Г. Гелетуша, Є. І. Сухін, Н. В. Зіновчук, В. І. Особов, І. О. Долгов, Є. І. Храпач, Некрашевич В. Ф., Х. Скальвейт, Дж.-Л.Батлер, Х.Ф. Мак-Коллі та інших [1, 4]. Основну увагу у своїх роботах науковці приділяли питанням пошуку найефективнішого способу використання біомаси, ущільненню органічних відходів і створенню комунікацій для транспортування сировини та готової продукції.

Проте питання ущільнення певних видів органічних відходів рослинного та тваринного походження при сучасній тенденції до переходу на відновлювальні джерела енергії залишається достатньо актуальним [5-6].

Не зважаючи на те, що відновлюваних джерел стає більше – потреба людства в енергії зростає. Вугілля й мазут необхідно заміщувати випереджаючими темпами та виявляти ощадність до отриманої енергії, не опалюючи небеса зайвими джоулями і калоріями.

Україна зарекомендувала себе як експортер екологічних джерел енергії: дров, тріски, пелетів і в той же час країна імпортує паливо (вугілля, газ). Актуально використання власного біопалива у вигляді паливних гранул (пелетів), сировини для якого не бракує, адже вони виготовляються з відходів в основному сільськогосподарського і деревного виробництва. Найкраще для виробництва пелет підходять такі органічні відходи: деревна тріска, тирса, стружки, солома, соняшникове лушпиння, макуха, люцерна, відходи переробки борошна, кукурудзиння, лігнін, очерет тощо. Обладнання для грануляції займає не так багато місця.

У процесі згоряння гранул виділяється не надто багато золи та шкідливих газів, а в атмосферу викидається у 15 разів менше  $\text{CO}_2$ , ніж при спалюванні природного газу. До того ж пелети відносно недорогі та малодимні, виділяють достатньо тепла [1].

За всіма показниками паливні гранули, виготовлені з очерету, абсолютно не поступаються торф'яним, а також пелетам з пресованої соломи. Більше того, при згорянні гранул з очерету відбувається менше виділенням сірки і вуглекислого газу, що позитивно позначається на довкіллі. Даний вид палива рослинного походження не має неприємного запаху, і може використовуватися як природний адсорбент.

Основні переваги виготовлення паливних гранул з тростино-очеретяної маси обумовлюється наступним [1]:

1. У біомасі очерету вміст вологи може досягати 50%, однак після висушування на повітрі, а також завдяки збиранні в зимовий час її значення знижується до 20-25%. Дана обставина дозволяє виробляти з очерету пелети з мінімальними витратами енергії на висушування сировини.

2. Тростино-очеретяна маса має високу теплотворну здатність.

3. Очерет має високий рівень вмісту лігніну – полімеру, що є природним сполучним елементом, що поліпшує фізичні параметри паливних гранул (щільність, міцність, стійкість до стирання тощо).

4. На відміну від нафтопродуктів і вугілля, очерет має низький вміст сірки та інших шкідливих домішок.

5. Мінімальні витрати на культивування очерету (навіть до їх відсутності), необхідні витрати тільки по його збору (заготівлі). Очерет повною мірою відноситься до поновлюваних джерел енергії. Це багаторічна рослина здатна дати перший урожай, придатний для збирання, вже через два-три роки після його посадки або самостійної появи. Надалі «урожай палива» можна збирати щорічно, при цьому зарості очерету мають стійку тенденцію до розростання.

Паливо в вигляді гранул з очерету може широко використовуватися для опалення приватних будинків, топки в каминах і котлах. Крім цього такі гранули цілком успішно використовуються в опалювальному обладнанні, яке забезпечує теплом цілі вулиці і квартали. За теплотворною здатністю пелети з очерету поступаються гранулам з деревини [1], однак і вартість такого палива істотно нижча.

Виготовлення пелет з пташиного посліду є другим за популярністю методом утилізації після використання посліду на добриво, але в чистому вигляді це сировина вимагає занадто великих енерговитрат. Гранули ж з посліду навпаки можуть служити джерелом енергії, наприклад, в системі опалення тваринницьких комплексів. Після спалювання таких гранул залишається зола з високим вмістом корисних елементів (кальцію, калію і фосфору). Ця зола може застосовуватися для удобрення ґрунту. Основною вимогою до виготовлення гранул з пташиного посліду є попереднє висушування сировини до вологості 10-20%.

Для гранулювання органічних відходів рослинного і тваринного походження, маємо універсальний гранулятор з нерухомо закріпленою плоскою матрицею та активними прикочувальними роликками (рис. 1).



**Рис. 1. Гранулятор [7, 8]**

Вибір такої конструкції зумовлений високою механічною міцністю основних частин гранулятора із дотриманням рекомендацій [8,9]

Процеси підготовки сировини до гранулювання складається з подрібнення і сушіння. Сортування з видаленням домішок виконано не буде, хоча це дасть змогу отримати стабільні параметри подрібненої суміші (фракційний склад, насипна густина, вологість, температура та відсутність побічних включень) для гранулювання.

Виходячи із номенклатури доступних стандартних елементів, сформульовано таблицю 1.

Таблиця 1

### Основні технологічні характеристики гранулятора [1]

№ за/п	Елемент дослідної установки	Параметри елементів	Од. вим.	Діапазон зміни
1	Матриця	діаметр отворів	мм	10
		крок отворів	мм	4-8
		кут зінкування	град	15
		відношення довжини каналу матриці до його діаметра	–	5
		діаметр матриці	мм	200
		ширина робочої частини	мм	48
2	Ролики	діаметр	мм	100
		кількість	шт	2
		ширина	мм	50
3	Привідний механізм	швидкість обертання двигуна	с-1	1500
		передавальне відношення	–	1:6, 6:1
4	Регулювання відстані між матрицею і роликом	безступеневий механізм із механічним переміщенням	мм	0-2



а)



б)

**Рис. 2. Отримані експериментальним шляхом гранули з:**  
**а) очерету б) пташиного посліду**

На грануляторі (рис. 1) є можливість отримувати паливні гранули як рослинного (рис. 2, а) так і тваринного (рис. 2, б) походження.

Після гранулювання отримані гранули необхідно охолодити та запакувати.

**Висновки.** Таким чином, нами показано можливість отримання палива із органічних відходів рослинного та тваринного походження, а саме очерету та пташиного посліду у вигляді гранул в лабораторних умовах. Утилізація тростино-очеретяної маси дозволить знизити антропогенне навантаження на довкілля, за рахунок переведення її із категорії відходів у категорію – палива. Утилізація відходів продукції життєдіяльності птахів знизить забруднення території та шкоду для здоров'я тварин і людей; отримати високоефективне паливо для власних потреб та цінне добриво (зола після згоряння пелет).

#### **Список використаних джерел**

1. Комар А.С. Гранулювання органічних відходів рослинного походження на прикладі очерету. Науковий вісник ТДАТУ: [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 1. URL: <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik>.

2. Болтянська Н.І., Комар А.С. Визначення умови економічної доцільності підвищення надійності прес-гранулятора. Вісник ХНУСГ, «Проблеми надійності машин». 2019. Вип. 205. С. 398-405.

3. Болтянська Н.І., Комар А.С. Переробка пташиного посліду на добриво шляхом його гранулювання. Тези V Міжн. наук.-практ. конф. «Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва». Умань, 2019. С. 18-20.

4. Комар А.С. Доцільність гранулювання і брикетування кормів для тварин і птиці. Матеріали VII-ї Наук.-техн. конф. «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» (5-28 грудня 2018 року). Глеваха, 2019. С. 47-49.

5. Комар А. С. Огляд способів ущільнення порошкоподібних та дрібних сипких матеріалів. Матер. I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 238-243.

6. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Драгнев С. В. Аналіз можливостей виробництва та використання брикетів з агробіомаси в Україні. Аналітична записка БАУ № 20. «Біоенергетична асоціація України». Київ, 2018. 48 с.

7. Гранулятор: пат. 129109 Україна: МПК В 01 J 2/20. №201803046; заявл. 26.03.18; опубл. 25.10.18, Бюл. № 20. 4 с.

8. Комар А. С. Взаємодія пресуючого ролика і матеріалу в прес-грануляторі. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 260-269.

9. Болтянська Н.І., Комар А.С. Обґрунтування шляхів вдосконалення процесу гранулювання у прес-грануляторах з кільцевою матрицею. Вісник ХНТУСГ. 2019. Вип. 199. С. 176-185.

УДК 636.087.69

## ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ В РАЦІОНАХ ТВАРИН ТА ПТИЦІ

Комар А.С., інж.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

**Постановка проблеми.** Проблема дефіциту білка в раціоні сільськогосподарських тварин і птиці давно існує в усьому світі. Дефіцит білка і його компонентів в кормах для тварин останнім часом не тільки не знизився, а й став більш гострим у зв'язку зі зростанням чисельності населення Землі та збільшенням споживання і виробництва м'яса.

Фахівці по годівлі сільськогосподарських тварин і птиці постійно здійснюють дослідницьку роботу і здійснюють пошук нетрадиційних джерел білка, що дозволяють компенсувати його нестачу в раціонах. Нетрадиційні корми необхідно включати в науково обґрунтовані системи годування різних виробничих груп тварин та птиці з метою підвищення повноцінності раціонів, збільшення виробництва молока і м'яса, а також зниження витрат на одиницю продукції [1-3].

**Основні матеріали дослідження.** Одним з нетрадиційних джерел білка є сухий пташиний послід. Особливо ефективним є застосування такої білкової добавки при відгодівлі великої рогатої худоби [4]. На перший погляд таке твердження може здатися безглуздим і навіть шкідливим, але це тільки на перший погляд і ось чому:

У зв'язку з фізіологічними особливостями травлення у птахів, швидкість просування корму по травному тракту значно швидше, ніж у інших видів тварин. Поживні речовини, що знаходяться в харчових масах, ефективно не засвоюються і велика їх частина залишається в посліді птиці. Це справедливо для всіх компонентів корму в різному ступені. Для фермерів та фахівців з годівлі цікава насамперед білкова складова корму, оскільки саме білкові компоненти займають більшу частину собівартості раціону. Травний тракт жуйних тварин є універсальним і високоефективним інструментом для вилучення поживних речовин з корму і подальшого їх засвоєння організмом. Тобто вони в змозі ефективно засвоювати поживні речовини, наявні в посліді птиці. Використовувати пташиний послід без попередньої його підготовки (переробки) проблематично, оскільки свіжий пташиний послід має характерний запах, погані смакові параметри, не підлягає тривалому зберіганню, а також в залежності від його вологості має суттєві коливання вмісту поживних речовин. Крім того, патогенна та умовно-патогенна мікрофлора, яка міститься в сирому пташиному посліді, може чинити



негативний вплив на фізіологічний стан поголів'я. Тому для доопрацювання кормових раціонів доцільно використовувати сухий пташиний послід (надалі СПП).

Ідея використання СПП для збагачення раціонів тварин та птиці не нова і використовується в світовій практиці годування досить давно. Сухий послід містить 98,08% сухої речовини, 28,56 – протеїну, 12,04 – клітковини, 3,42 – жиру і 21,54% попелу [5].

До СПП, що має використовуватися в кормових цілях, пред'являється ряд жорстких вимог: він не повинен містити шкідливих хімічних (наприклад, ліки) і фізичних домішок (скло, дріт), рівень вологи не більше 15%, має бути відомо точний зміст в ньому клітковини і інших речовин.

СПП доцільно включати в повнораціонні або як добавки до гранульованих комбікормів [6-8]. Наприклад, один з варіантів гранульованого корму для відгодівлі худоби має наступний склад (%): зернові – 30, сухий послід – 30, сухий буряковий жом – 14,5, солома – 25,0, вітамінний премікс – 0.5 [5].

Через високий рівень мінеральних речовин в екскрементах відпадає потреба збагачувати ними раціон. На даний час СПП рекомендують згодовувати лише худобі на відгодівлі у відношенні до 25% раціону [4].

Підстилка бройлерів також може використовуватися у кормоприготуванні для тварин. У підстилку бройлерів входять підстилковий матеріал, екскременти, залишки корму і перо. Її поживна цінність багато в чому залежить від характеру підстилкового матеріалу. Наприклад, підстилка бройлерів (підстилковий матеріал - тирса) містила 73,06% сухої речовини і 8,83% перетравного протеїну. Перетравність сухої речовини склала 46,68%, клітковини – 14,41%.

Наприклад, худобі на відгодівлі згодовувався раціон наступного складу: комбікорм – 1,17 кг, м'яса – 2,27 кг, кукурудзяний силос – 11,63 кг, підстилка бройлерів – 4,85 кг. Середньодобовий приріст маси склав 936 г несприятливий вплив на якість забійної продукції не спостерігалось.

Деякі науковці рекомендують силосувати підстилку бройлерів [5]. Засилосована підстилка містить 10,6-26,8% протеїну. Ферментативні процеси при силосуванні згубним чином впливають на кокцидіостатику. В такому силосі не було виявлено сечової кислоти, сечовини і креатину. При згодовуванні відгодівельному поголів'ю засилосованої підстилки в поєднанні з комбікормом був отриманий середньодобовий приріст живої маси 1150 г. Для попередження накопичення кокцидіостатиків організмі тварин підстилку виключають з раціону на 3-4 тижні перед забоєм [9-12].

Худобі на відгодівлі в залежності від живої маси рекомендується щодня ставити 3-5 кг підстилки бройлерів. При спільному годуванні

підстилки з мелісою витрати концентратів на відгодівлю в цілому зменшуються на 25-30%.

При зіставленні поживної цінності СПП з іншими кормами стає очевидним, що його можна з успіхом використовувати в якості одного з компонентів комбікорму для птиці (табл. 1).

Таблиця 1

**Поживна цінність деяких кормів, що використовуються в птахівництві, %**

Компонент	СПП	Суhalюцерна	Кукурудза	Соевий шрот	Овес	Пшеничні висівки
Сирий протеїн	24,3	17,0	8,7	44	12	17
Аргінін	0,48	0,82	0,43	3,21	0,74	0,98
Цистин	1,13	0,33	0,15	0,63	0,20	0,19
Гліцин	0,85	0,88	0,32	1,94	0,43	0,43
Лізін	0,50	0,95	0,27	2,93	0,47	0,67
Метіонін	0,09	0,30	0,16	0,59	0,16	0,19
Триптофан	–	0,29	0,08	0,61	0,15	0,21
Кальцій	7,5	1,4	0,02	0,3	0,1	0,1
Фосфор	2,5	0,3	0,3	0,6	0,4	0,8
Клітковина	20,0	24,2	2,0	5,9	11,0	6,7
Обмінна енергія	5,86	5,11	13,82	9,40	10,73	8,15

Пташиний послід містить в 1,8 рази більше цистину, ніж соєвий шрот, і в 7,5 рази більше, ніж кукурудза, яка є основним кормом для птиці, а також у багато разів більше мінеральних речовин, зокрема, кальцію і фосфору, ніж звичайні корми. Співвідношення цих мінеральних речовин відповідає потребам в поживних речовинах несучок. За змістом обмінної енергії і клітковини пташиний послід знаходиться приблизно на рівні люцернового борошна.

У численних дослідах було встановлено, що показники зростання курчат, яким згодовували 5 і 10% СПП замість соєвого шроту, були такими ж, як і в контрольній групі [5]. При добавці СПП до стандартного комбікорму середньої якості відзначали навіть збільшення живої маси курчат в порівнянні з контролем. Добавка СПП до раціону була більш ефективнішою, чим менш повноцінної була кормова суміш. 18% СПП вже знижували прирости живої маси. В умовах досвіду найкращі показники були отримані при рівні 5% СПП в раціоні.

Під час експерименту при використанні 15 і 30% пташиного посліду в раціонах племінного молодняку прирости і оплата корму знижувалися лише при рівні 30% СПП в раціоні. При цьому рівні зростання молодняку незначно уповільнилося, а несучість практично не змінилася. Споживання корму в розрахунку на 1 голову молодняку зростає на

17%, але витрата корму в розрахунку на 1 яйце знизилася на 6,1%. У молодняку бройлерного типу при згодовуванні СПП в кількості 30% подальша несучість підвищувалася на 7,6% при економії 14,3% корму в розрахунку на одну молодицю. Витрата корму в розрахунку на 1 яйце знизилася на 4,1% [5].

Під час експерименту на курах несучках [8], яким згодовували 10, 20 і 40% СПП в раціоні, найкращий результат був досягнутий при згодовуванні 22,5% СПП (табл. 2). В іншому досліді при згодовуванні 22,5% посліду несучість знижувалася і погіршувався використання корму. Якість яєць не змінювалася. Згідно з результатами цього досвіду, несучкам можна згодовувати СПП в дозі до 22% від раціону. Несучки ефективно використовують незамінні амінокислоти, що містяться в СПП.

Таблиця 2

### Продуктивність курей залежно від рівня СПП в раціоні

СПП, %	Несучість в розрахунку на одну куру, %	Витрати корму на 1 яйце г	Маса яйця, г
–	58,24	1,95	63,04
10	61,62	1,96	62,17
20	57,34	2,06	61,92
40	55,44	2,35	61,77
40+жир	53,16	2,29	60,63

У індичок у віці 9-17 тижнів при згодовуванні 5, 10 і 30% СПП достовірного зниження приростів маси встановлено не було, але використання корму, особливо при рівні 10% СПП в кормосуміші, помітно погіршилося [5,9].

У кормових дослідіах на гусенятах (віком 5-10 тижнів) вивчали можливість заміни висівок сухим пташиним послідом. Між групами, які отримували кормосуміш без СПП і з СПП, не знайшли достовірної різниці по витраті корму, протеїну і енергії. Обидві групи досягли до 70-денного віку 4400 г живої маси. Таким чином, заміна висівок пташиним послідом не знижує показники зростання гусенят. За весь період відгодівлі (5-10 тижнів) було витрачено 3,6 кг посліду в розрахунку на 1 голову. Якість пера в обох групах було однаковим. За період відгодівлі в обох групах відхід не перевищував 5%.

Кормові дослідіади над каченятами після досягнення ними віку три тижні отримували СПП окремо в гранулах або в складі комбікорму [4]. За весь період відгодівлі (4-10 тижнів) було згодоване 465 г СПП в розрахунку на одну качку (7% від всього спожитого корму). На підставі результатів дослідів можна зробити висновок, що використання СПП замість висівок в раціонах качок цілком можливо.

**Висновки.** Отже численні досліді проведені науковцями з використанням відходів птахівництва, зокрема сухого пташиного посліду, доводять ефективність його використання для кормової бази як заміну традиційним джерелам білка в раціоні сільськогосподарських тварин і птиці.

**Список використаних джерел**

1. Болтянська Н.І., Комар А.С. Обґрунтування шляхів вдосконалення процесу гранулювання у прес-грануляторах з кільцевою матрицею. Вісник ХНТУСГ. 2019. Вип. 199. С. 176-185.

2. Болтянська Н.І., Комар А.С. Визначення умови економічної доцільності підвищення надійності прес-гранулятора. Вісник ХНУСГ, «Проблеми надійності машин». 2019. Вип. 205. С. 398-405.

3. Болтянська Н.І., Комар А.С. Переробка пташиного посліду на добриво шляхом його гранулювання. Тези V Міжн. наук.-практ. конф. «Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва». Умань, 2019. С. 18-20.

4. Мыскин В.А., Капустин В.П., Родионов Ю.В., Иванова И.В. Универсальная безотходная технология и средства переработки птичьего помета в органическое удобрение и добавку в корм животным. Вестник ВНИИМЖ, № 3 (31), 2018, С. 61-65.

5. Барта Я., Бергнер Г., Бучко Я. Нетрадиционные корма в рационах сельскохозяйственных животных Пер. со словац. и предисл. Э.Г. Филипович. М.: Колос, 1984. 272 с.

6. Комар А.С. Доцільність гранулювання і брикетування кормів для тварин і птиці. Матеріали VII-ї Наук.-техн. конф. «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» (5-28 грудня 2018 року). Глеваха, 2019. С. 47-49.

7. Комар А. С. Огляд способів ущільнення порошкоподібних та дрібних сипких матеріалів. Матер. I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 238-243.

8. Комар А. С. Взаємодія пресуючого ролика і матеріалу в прес-грануляторі. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 260-269.

9. Кассамединов А. И., Разумовская Р. Г. Нетрадиционные корма в птицеводстве. Вестник АГТУ, № 1, 2009, С. 27-31.

10. Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

11. Болтянська Н.І., Комар А.С. Аналіз конструкцій пресів для приготування кормових гранул та паливних брикетів. Науковий вісник ТДАТУ. 2018. Вип.8. Т.2. С. 44-56. 56 (

12. Болтянська Н.І., Комар А.С. Аналіз конструкцій шестеренних пресів-грануляторів. Науковий вісник ТДАТУ. 2018. Вип.8. Т.2.

### **СЕКЦІЯ 3. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АПК**

---

**УДК 578.01+681.7.08**

#### **ПИТАННЯ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА В УКРАЇНІ**

Маніта І.Ю., ст. викл.

Болтянська Н.І., к.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Сьогодні глобальний тренд цифрової світової економіки вступає в активну фазу свого розвитку. В провідних країнах світу концепцію «Індустрія 4.0» та розробки цифрових технологій як на державному так і на корпоративному рівні почали масово розвивати в державних програмах і стратегіях бізнесу. Практична площина розв'язання цих питань на регіональному рівні досить швидко актуалізується, що є відповіддю на системні виклики.

В Україні на державному рівні визнається необхідність формування цифрової економіки та суспільства, а цифрові технології розглядаються в якості одного із ключових драйверів сталого розвитку. В той же час, розбудова цифрової економіки актуалізує багато питань державної регіональної політики, які необхідно не лише чітко ставити, але й потрібно системно вирішувати. Одним із таких питань є розуміння наслідків переходу на цифровий формат для політики, пов'язаної з такими сферами як: регіональний ринок праці (у тому числі потенційне створення і скорочення робочих місць), освіта і підвищення кваліфікації, управлінські інновації, галузевий (секторальний) розвиток, конкуренція, захист споживачів, оподаткування, торгівля, охорона довкілля і енергоефективність, а також регулювання у сфері безпеки, недоторканості приватного життя і захисту даних. Все більшої уваги заслуговує феномен просторових відмінностей («цифрова» нерівність, «цифровий» розрив і т. і.), що входить до пріоритетів розв'язання гострих проблем нерівномірного розвитку міст і регіонів.

Сучасне бачення розвитку інтелектуальних та креативних індустрій, інноваційних ринків, цифрових інститутів в Україні тільки формується. Головний принцип успішності в цій сфері – це стимулювання розвитку таких індустрій, допомога та всебічна підтримка держави, використання можливостей інтелекту створювати абсолютно нову додану вартість – цифрову її форму [1,2].



Перепонами для розвитку цифрової економіки в Україні можна назвати: відсутність загальної стратегії розвитку економіки, і відповідно і цифровізації такого розвитку; низький рівень цифрових навичок суспільства, особливо на освітньому рівні та серед людей старшого віку; відсутність навичок цифрового підприємництва; значний ступінь недовіри до цифрових технологій; відсутність загальної системи навчання цифровим навичкам; відсутність системи мотивації та підтримки підприємств, які розвивають цифрову інфраструктуру та використовують у власній діяльності цифрові рішення. Тож дослідження щодо створення концепції та формування основ для запровадження цифрової економіки в Україні є досить актуальними [3-5].

Сучасні рішення в області цифровізації для сільськогосподарських підприємств повинні спиратися на модульний принцип побудови. Це дасть можливість господарюючим суб'єктам в подальшому, при масштабуванні апробованих цифрових технологій, реалізувати оптимальний варіант цифрової трансформації виробництва з урахуванням рівня розвитку матеріально-технічних і трудових ресурсів. Ефективність і кінцеві результати сільськогосподарського виробництва залежать від природно-кліматичних, ґрунтових, біологічних і соціально-економічних чинників, більшість з яких сильно різняться в часі і просторі на рівні конкретного підприємства [6-8].

Оцінка поточного рівня цифровізації сільського господарства показує нерозвиненість системи управління матеріально-технічними та трудовими ресурсами, що призводить до високих витрат виробництва.

Цифровізація всього процесу створення доданої вартості продукції призведе до багаторазового зниження питомої собівартості виробництва і збуту продукції сільського господарства, перетворивши галузь в нові бізнес-моделі, які використовують не тільки засоби механізації, а й засоби автоматизації. Хмарні додатки і сервіси для сільського господарства дозволяють моделювати різні варіанти рівнів цифровізації. Сучасні рішення в області цифровізації і автоматизації сільського господарства будуть ефективними лише в разі оптимального вибору з урахуванням наявних факторів виробництва та максимального зниження витрат [9].

Ряд рішень в області цифровізації і автоматизації сільського господарства вже знайшли своє широке застосування, але більша частина ще не освоєна. Всі цифрові технології для сільського господарства і суміжних галузей можна об'єднати в групи:

- big data - в аграрній сфері масив інформації, несе в собі великий обсяг даних, які складно, а в окремих галузях неможливо обробити як єдиний набір традиційними методами. Наскрізна технологія big data може бути широко задіяна в цифрових платформах АПК;

- блокчейн-технології: для моніторингу, контролю та ведення баз даних по операціях із земельними ресурсами в сільському господарстві будуть широко використовуватися системи розподіленого реєстру;

- нові виробничі технології: у віддаленій перспективі в аграрній сфері буде затребуваний комплекс процесів виробництва індивідуалізованих товарів з витратами як у товарів масового виробництва;

- технології бездротового зв'язку: для сільського господарства з великим територіальним розподіленням виробничих об'єктів і інфраструктури ця технологія широко використовується як альтернатива для провідної передачі інформації;

- робототехніка: використання безпілотних і робототехнічних систем дозволяє виключити використання трудових ресурсів, підвищити продуктивність праці.

Основні матеріали і методи досліджень були націлені на вивчення складу і структури втрат в розрізі етапів ланцюжка створення доданої вартості за видами продукції сільськогосподарських підприємств в залежності від рівня механізації. Це дозволить оптимально, для кожного підприємства, використовуючи модульний принцип, доповнити наскрізні цифрові ланцюжка повного виробничого циклу, застосувавши сучасні рішення. Проведений аналіз основних технологічних операцій виробництва по найбільш поширеним галузям в господарствах з різним рівнем механізації, показав великий розрив між мінімальною і максимальною часткою втрат (табл. 1).

Підприємства з високим рівнем механізації найбільших втрат мають при виробництві плодоовочевої продукції і коренеклубневої продукції. Зернове виробництво має найбільші втрати на стадії обробки і споживання. На підприємствах із середнім рівнем механізації найбільш проблемною галуззю є молочне скотарство. Виробництво коренеклубнеплодів в господарствах з низьким рівнем механізації несе найбільші втрати на стадії виробництва. Втрати при виробництві зернових в цих господарствах незначно вище показника підприємств з високим рівнем механізації. Більш детальний розгляд рівня механізації за окремими операціями в групі господарств з високим рівнем механізації свідчить, що етапи механізовані нерівномірно, максимально високий рівень механізації мають етапи виробництва і розподілу. Решта етапи характеризуються середнім або низьким рівнем механізації, що тягне за собою найбільші втрати. Використовуючи модульний принцип, кожне сільськогосподарське підприємство може поетапно, укомплектувати і, з урахуванням умов господарювання, автоматизувати процеси управління сільськогосподарською технікою, стаціонарними об'єктами.

Беручи рішення в області цифровізації сільського господарства, необхідно виходити з того, що весь комплекс заходів трансформації реалізується з метою скорочення всіх видів витрат на виробництво сільськогосподарської продукції та продовольства.

Таблиця 1

**Аналіз витрат на основних технологічних операціях виробництва за галузями з різним рівнем механізації післязбиральної обробки і зберігання**

Рівень механізації	Виробництво, га-лузь	Частка витрат на етапі, %				
		виробництво	після-збиральне	обробка	розподіл	споживання
Високий	молочне	6	-	2	-	12
	м'ясне	4	-	6	4	10
	плодоовочеве	25	5	2	5	20
	олійне	2	-	4	-	4
	коренеклубнеплодове	25	8	15	6	25
	зернове	2	2	10	2	25
Середній	молочне	18	2	5	18	10
	м'ясне	7	2	5	2	2
	плодоовочеве	15	7	5	4	15
	олійне	20	-	5	-	5
	коренеклубнеплодове	8	5	1	5	10
	зернове	10	5	3	2	8
Низький	молочне	2	-	4	-	2
	м'ясне	1	-	1	1	-
	плодоовочеве	10	5	2	3	1
	олійне	18	-	10	2	2
	коренеклубнеплодове	35	40	-	5	5
	зернове	20	2	10	10	6

Використовуючи модульний принцип комплектування, з урахуванням умов господарства, бездротових технологій, що забезпечують середу збору даних з різного обладнання (датчиків, лічильників та сенсорів), можливо, здійснювати моніторинг руху ресурсів, забезпечуючи зростання продуктивності праці і зниження витрат. Розробка національної концепції електронного (цифрового) сільського господарства – це перший крок в межах загальної стратегії розвитку цифрового суспільства. Тут мають місце такі основні напрями:

1. повинно бути забезпечено необхідний рівень загальнонаціонального інформаційнокомунікативного середовища. Даний напрям вимагає вивчення національного ринку цифрових технологій і загального проникнення в мережеву інфраструктуру;

2. вирішальне значення для розширення та підтримки прийняття інформаційно-комунікативних (цифрових) технологій у с.г. з метою досягти національних основних цілей у галузі с.г. та забезпечити сприятливе середовище для становлення та розвитку електронного с.г.;

3. впровадження цифрових технологій в суміжні з аграрною галузі, використання їх потенціалу для впровадження цифровізації, що є важливими для сільського господарства.

#### **Список використаних джерел**

1. Болтянська Н.І. Забезпечення якості продукції у галузі сільськогосподарського машинобудування. *Науковий вісник НУБіП України. Серія Техніка та енергетика АПК*. 2014. Вип. 196, ч.1. С. 239-245.

2. Комар А.С. Організаційно-економічні заходи ресурсозбереження в молочному скотарстві. *Тези міжн. наук.-пр. форуму «Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції»*. ТДАТУ. 2019. С. 36-39.

3. Boltyanskaya N.I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. *Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition*. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.

4. Скляр Р.В., Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. *Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience*. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

5. Boltyanskaya N.I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. *Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko*. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.

6. Болтянська Н.І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва шляхом підвищення рівня надійності техніки. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК»*. 2018. Вип. 282, ч.1. С. 181–192.

7. Boltyanskaya N.I. The creation of optimal microclimate parameters in the conditions of growing shortage of energy in the pig industry. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK*. Kiev. 2016. Vol. 254. 284-296.

8. Boltyanskaya N.I. Indicators of an estimation of efficiency of application of resourcesbutGauci technologies in animal husbandry. *Bulletin of Sumy national agrarian University. A series of «Mechanization and automation of production processes»*. 2016. Vol. 10/3 (31). 118-121.

9. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. *Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017*. P. 155–158.

УДК 631.171:0041

## СТАН ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Мікуліна М.О., к.е.н., доцент,  
Поливаний А.Д., студент,  
Сумський національний аграрний університет,  
м. Суми, Україна.

В сьогоденних умовах, ГІС-технології застосовуються в земельному кадастрі, кадастрі природних ресурсів, екології, сфері роботи з нерухомістю й іншими областями, гостро стає проблема оперативного керування ресурсами і прийняття рішень. Дедалі ширше починають упроваджуватися ГІС-системи масового користування, типу електронних планів міста, схем руху транспорту тощо. За деякими оцінками 80 – 90% всієї інформації, з якими ми зазвичай маємо справу, може бути представлене у виді ГІС. Наприклад, список телефонів сільських господарств можна представити у виді схеми контор на карті землекористувачів та ін.

ГІС – це закономірний етап на шляху переходу до безпаперової технології обробки інформації, який відкриває нові широкі можливості маніпулювання даними, що мають просторову прив'язку. Працюючи з ГІС, ви виводите на екран комп'ютера одну чи більше цікавих для вас карт (схем, планів і т. д.). Ви легко можете змінювати детальність зображення, збільшуючи або зменшуючи окремі елементи карти. Наприклад, вибравши на карті міста потрібний будинок, ви можете вивести його крупним планом і розглянути шляхи під'їзду до будинку. Ви маєте можливість керувати тематичним складом зображуваної інформації. Скажімо, на карті корисних копалин ви можете відключити видимість непотрібних у даний момент видів викопних ресурсів і річкової мережі, залишивши тим часом видимою дорожню мережу. Вказавши об'єкт на карті, можна одержати інформацію про нього. Наприклад, вказавши об'єкт нерухомості, ви можете довідатись про його вартість, хто є його власником, який стан об'єкта й ін. Вибравши промислове підприємство, розташоване поблизу, ви одержите дані про його профіль, вплив на екологічну ситуацію району тощо.

Протягом останніх 5 років все ширше розробляються і впроваджуються ГІС для землекористування, землеустрою, створення автоматизованих комп'ютерних банків даних сільськогосподарського призначення, створюються електронні ґрунтово-екологічні, ландшафтні, геохімічні карти окремих районів, господарств України.

Сільське господарство – один з найбільш стародавніх і перспективних видів господарської діяльності людини. Можливо тому ми спо-



стерігаємо тут максимум консерватизму і відчутне відставання у впровадженні сучасних технологій, особливо інформаційних і ГІС-технологій. Певна річ, механізація значно підвищила продуктивність сільської праці, але якщо порівняти її з тим, як бурхливо розвиваються більшість галузей промислового виробництва, то сільське господарство опиниться далеко позаду. Проте, сьогодні і у нас вже зустрічаються цікаві проекти, які піднімають сільськогосподарське виробництво на якісно новий рівень.

Упровадження ГІС-технологій має починатися з перепису наявних виробничих ресурсів, створення бази даних (БД). Оскільки основним ресурсом у сільському господарстві є земля, така БД обов'язково носитиме просторовий характер. Звичайно, можна перенумерувати поля і вести базу даних їх характеристик у табличному вигляді, навіть на папері. Межі полів можна закріпити на схемі і використовувати її для ілюстрації. Але така технологія не досконала. Внесення навіть простих змін у таку документацію вимагає багато ручної праці.

Однак, для країн, які вступають в Європейське співтовариство, існує обов'язкова вимога функціонування національної Єдиної системи (IACS) адміністративного управління, яка включає дані щодо всіх земельних ділянок і землекористувачів. Така система просто необхідна для ефективного реалізації програм субсидування виробників сільгосппродукції і контролю за використанням цих субсидій, сума яких по Євросоюзу становить декілька десятків мільярдів євро. У США велика кількість подібних та інших сільськогосподарських програм і проектів, заснованих на використанні інформаційних технологій, серед яких особливе місце відводиться ГІС.

Таким чином, дослідження показують, що упровадження комп'ютерних технологій дозволяє не тільки значно спростити формування інформаційних баз даних і понизити вірогідність виникнення помилок, але і впровадити нові методи підтримки ухвалення управлінських рішень на основі аналізу даних і, зрештою, підвищити продуктивність праці. Оскільки практично вся інформація про ресурси сільського господарства має просторову прив'язку, очевидно, що як базові інформаційні технології краще всього використовувати геоінформаційні системи. Звичайно, це не означає, що ніякі інші технології тут не потрібні.

#### *Список використаних джерел*

1. Морозов В.В., Лисогоров К.С., Шапоринська Н.М. Геоінформаційні системи в агросфері: Навч. посібник. Херсон, Вид-во ХДУ, 2007 223 с.
2. Морозов В.В. Моделювання і прогнозування для проектів геоінформаційних систем/ Морозов В.В., Плоткін С.Я., Поляков М.Г. та ін. За ред. професора В.В. Морозова. Херсон, Вид - во ХДУ, 2007. 328 с.

УДК 631.172

**ЗАВИСИМОСТЬ ЗАТРАТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ  
ОТ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Шило И.Н., докт. техн. наук, профессор,  
Непарко Т.А., канд. техн. наук, доцент,  
Жданко Д.А., канд. техн. наук, доцент  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Постановка проблемы.** Конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции зависит от многих факторов, решающими из которых являются затраты производственных ресурсов, включающие затраты труда, топливно-смазочные материалы, металл и электроэнергию. В Республике Беларусь, как и во всём мире, наметилась устойчивая тенденция снижения количества работников, непосредственно принимающих участие в производстве сельскохозяйственной продукции, при том, что республика не имеет собственных достаточных запасов энергоносителей и металла, а доля топливно-энергетических ресурсов в себестоимости продукции сельского хозяйства составляет 30-50 % [1].

**Основные материалы исследования.** В последние годы сельское хозяйство Беларуси достигло определённого успеха в производстве продукции растениеводства. Так по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь средняя урожайность зерновых культур составляет от 2,67 до 3,33 т/га, картофеля – 21,6-23,2, сахарной свеклы 47,7-51,9 т/га [2]. Однако, эти показатели могут быть значительно увеличены, для чего создан значительный потенциал.

Прогрессивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур – одно из наиболее эффективных средств повышения продуктивности их производства, представляющие взаимосвязанную последовательность механизированных работ по возделыванию, уборке и послеуборочной обработке урожая, качество которого регламентируется стандартами [3, 4]. Для разработки таких сложных объектов, как технологии, эффективность которых в значительной степени зависит от местных условий (связь со «средой»), применили системный подход, теорию больших (сложных) систем и системный анализ. Технологию рассматривали как единое целое, ее элементы – как органичные составляющие этого целого, причем свойства элементов определялись общими свойствами системы.

Технологии принимали, как последовательность действующих один за другим чередующихся механизированных и естественных

процессов (экономико-организационные процессы считали вторичными, зависящими от названных), при том, что функционирование каждого последующего процесса начиналось после окончания предыдущего. При таком представлении технологии отнесли к классу многофазных агрегативных технических систем, состоящих, с целью упрощения математической модели системы, из кусочно-линейных комплексов.

Допущение о кусочно-линейной сущности комплекса в том, что его внутреннее состояние не изменяется мгновенно от начального к конечному на выходе. Это допущение совпадает с состоянием комплекса в начале и конце его действия и не мешает рассматривать его внутренние процессы как непрерывные [3, 4].

При этом выделили два вида подсистем (комплексов): структурные и функциональные. По структурному признаку технологии разделили по календарным периодам, причем каждая подсистема представляла собой взаимосвязанную совокупность операций, выполняемых машинами, или естественных процессов в почве, растениях и приземном слое воздуха, по функциональному – на группы операций, где каждая реализует одну из главных функций технологии, направленных на конечный результат.

За предел расчленения технологий, задаваемый видом конечных элементов, принимали технологические операции, выполняемые одиночно работающими машинами и агрегатами, группами однородных машин и агрегатов (машинными отрядами), группами разнородных, но взаимосвязанных по функционированию машин и агрегатов (машинных комплексов) [1], что соответствовало уровню организации использования техники в Республике Беларусь.

Важнейшим показателем конкурентоспособности сельскохозяйственной техники является экономия трудовых и материально-технических ресурсов, достигаемая при выполнении производственных процессов.

Чтобы оценить эффективность технического средства с позиций системного подхода, следует учитывать, на сколько оно повышает урожайность сельскохозяйственных культур, сокращает потери продукции, а также определить, как это сказывается на снижении ресурсоемкости производства всех видов продукции, получаемых с его применением. В общем случае экономия производственных затрат  $r$ -го ресурса [1] с учётом уменьшения ресурсоемкости единицы продукции можно оценить по масштабному фактору

$$\mathcal{E}_r = \sum_l [Y_{\delta rl}^{\circ} - Y_{\text{нр}l}^{\circ} + \Delta Y_{rl}^n] F_l \quad (1)$$

где  $r, l$  – индексы вида ресурса и продукции;  $Y_{\delta rl}^{\circ}, Y_{\eta rl}^{\circ}$  – ресурсоёмкость операции по базовому и новому вариантам на единицу объема работ, ч/га (кг/га, кВт·ч/га);  $F_l$  – площадь возделывания культуры, га;  $\Delta Y_{rl}^n = (Y_{\delta rl}^n - Y_{\eta rl}^n)U_l$  – снижение удельных затрат ресурсов в целом по технологии за счет роста урожайности, ч/га (кг/га, кВт·ч/га);  $Y_{\delta rl}^n, Y_{\eta rl}^n$  – ресурсоёмкость продукции по базовому и новому вариантам, ч/ц (кг/ц, кВт·ч/ц);  $U_l$  – урожайность, ц/га.

Для установления зависимости влияния урожайности на ресурсоёмкость продукции по разработанному алгоритму выполнена оптимизация машинно-тракторного парка модельного сельскохозяйственного предприятия и определены затраты производственных ресурсов для широких диапазонов изменения урожайности. В результате исследований установлено, что ресурсоёмкость продукции растениеводства с ростом урожайности  $U_l$  изменяется по гиперболической зависимости

$$Y_r^n = a_l + b_l / U_l, \quad (2)$$

где  $a_l$  и  $b_l$  – экспериментальные коэффициенты, постоянные для широких диапазонов изменения урожайности сельскохозяйственных культур [1].

С учетом зависимости (2) уравнение (1) примет вид:

$$\mathcal{E}_r = \sum_l \left[ (Y_{\delta rl}^{\circ} - Y_{\eta rl}^{\circ})F_l + (Y_{\delta rl}^n - Y_{\eta rl}^n)U_l F_l \right]. \quad (3)$$

Различные средства механизации обеспечивают различный уровень ресурсопотребления с учетом масштабного фактора их производства и применения. Проанализировав алгебраический знак первого слагаемого, то есть  $(Y_{\delta rl}^{\circ} - Y_{\eta rl}^{\circ})F_l$ , которое представляет собой изменение либо ресурсоёмкости базовой операции в отношении новой операции, либо ресурсоёмкости базовой технологии в отношении новой или модернизированной технологии и т.п., можно сделать вывод, что первое слагаемое уравнения (3) во многих случаях будет отрицательным. Поэтому экономия затрат любого ресурса будет определяться в основном величиной второго слагаемого уравнения (3). Зависимости (2) и (3) и полученные значения экспериментальных коэффициентов приводят к выводу, что существенной экономии затрат  $r$ -го ресурса с учётом масштабного фактора можно достичь только при резком увеличении урожайности.

Другими словами, темпы роста урожайности должны опережать темпы роста издержек на внедрение новых машин и новых технологий, то есть значение первого слагаемого уравнения (3) должно быть значительно меньше значения второго слагаемого.

**Результаты и выводы.** Основным резервом снижения ресурсоёмкости продукции растениеводства является существенное повышение урожайности. При повышении урожайности зерновых в 1,5 раза можно сэкономить 2 ч трудозатрат, 37,5 кг топлива, 8,5 кг металла и 1 кВт·ч электроэнергии на каждый гектар посевов, а увеличение урожайности картофеля на 22,7 % позволит сэкономить 12 ч трудозатрат, 63 кг топлива, 66 кг металла и 6 кВт·ч электроэнергии на каждый гектар посадок без учёта издержек на внедрение новых машин и технологий. При росте урожайности сахарной свеклы всего до 4 % можно получить экономию трудозатрат до 3,3 %, расхода топлива до 1,1 %, металла до 4,5 %.

Фактическая величина экономии производственных затрат во многом зависит от издержек при внедрении новой техники и новых технологий, целесообразность применения которых с позиций системного подхода, следует оценивать в целом по машинно-тракторному парку предприятия с учетом их влияния на повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

#### *Список литературы*

1. Шило И.Н., Дашков В.Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства. Минск.: БГАТУ, 2003. 183 с., ил.
2. Беларусь в цифрах. 2019: Стат. справочник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Минск, 2019. 72 с.
3. Непарко Т.А. Повышение эффективности производства картофеля обоснованием рациональной структуры и состава применяемых комплексов машин: Автореф. дис. ...канд. тех. наук: 05.20.03. Минск, 2004. 19 с.
4. Непарко Т.А. Моделирование взаимодействия технических средств при производстве механизированных работ // Агропанорама. 2004. № 3. С. 14-16.



**УДК: 619:615.9:661.183****AREAS OF APPLICATION OF NANOTECHNOLOGIES IN ANIMAL HUSBANDRY**Boltianska N<sup>1</sup>., c.t.s.,Manita I.<sup>1</sup>, s. teacherPodashevskaya H.<sup>2</sup>, s. teacher<sup>1</sup>*Dmytro Motorny Tavria state agrotechnological university, Melitopol, Ukraine*<sup>2</sup>*Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus*

Competitiveness of agricultural production is possible only with the rapid introduction of innovative technologies. This applies both to the intensification of production processes and to the improvement of its quality and safety, in particular the reduction of negative effects on the environment. Human health directly depends on the quality of food consumed, so today, given that the environment is polluted by industrial and household waste, experts are seriously concerned about the safety of meat, milk, eggs and fish. Nanotechnologies - methods of nanoparticle management, as a result of which new methods of processing, manufacturing, state change, properties, shape of raw materials, materials or semi-finished products are developed.

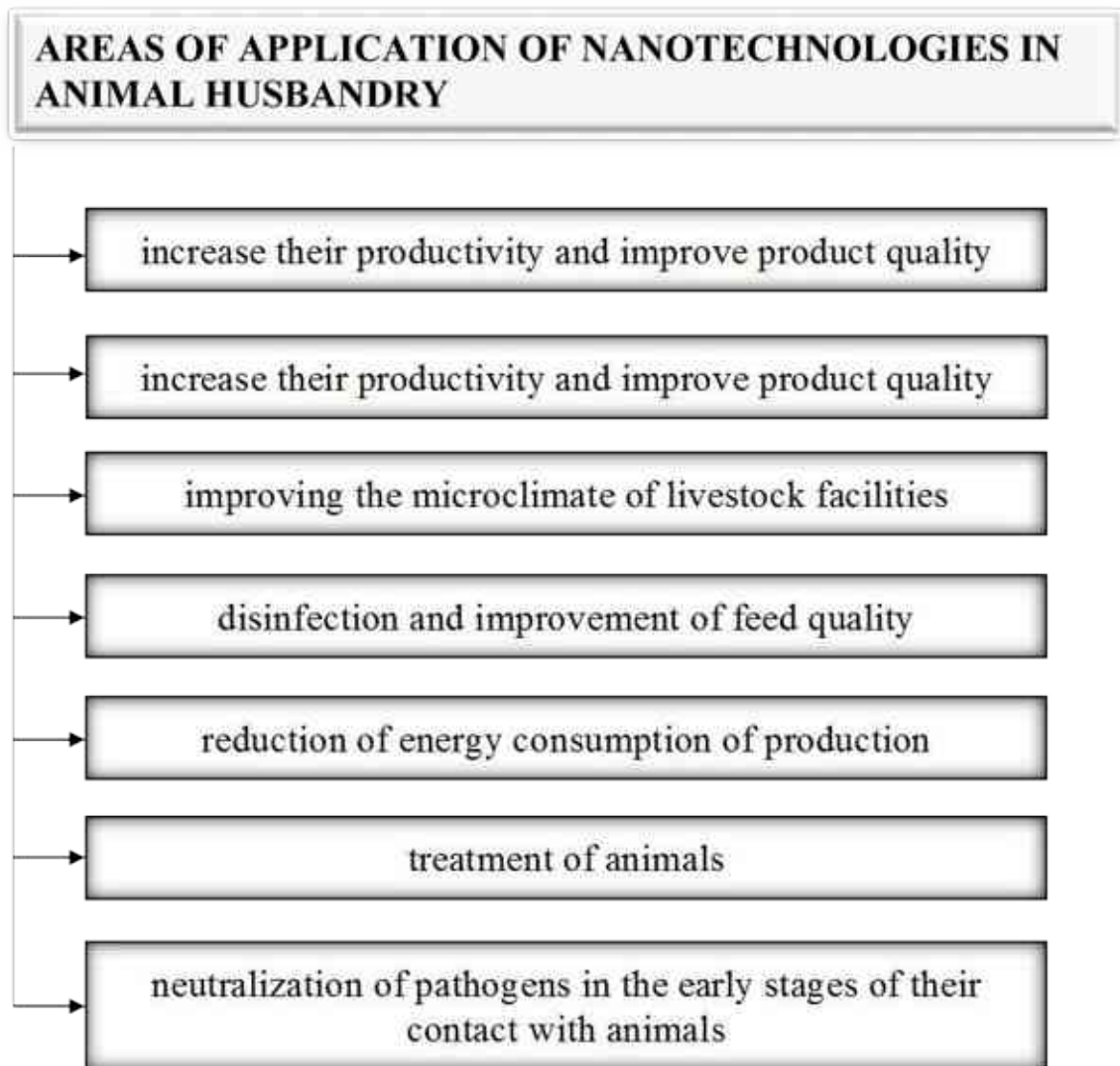
The analysis of the developed nanotechnological processes and nanomaterials showed that the main areas of their application in agro-industrial complex are biotechnological engineering, production and processing of agricultural products, agricultural engineering, technical service [1-3].

Areas of application of nanotechnology in animal husbandry related to the breeding of highly productive animal breeds are presented in Fig. 1.

The French company OLMIX is a world leader in the use of nanotechnology and natural nanoproducts in agriculture. From a wide range of works carried out by the company it is necessary to note research on creation of the organomineral complex which gained popularity under the Amadeite © trademark. This is a unique nanomaterial - intercalated clay, the adsorption capacity of which exceeds all existing analogues. Based on Amadeite © created unique drugs designed to clean feed from mycotoxins, bacterial toxins and pathogens, as well as to improve the process of biocatalysis in the digestive system of animals [4-7].

Currently, the deficiency of carotene in feed reaches 60 percent. Therefore, it is necessary to establish the production of complete feeds and balancing additives and premixes. Modern enterprises produce compound feeds, premixes and BVMK, which are not inferior to foreign counterparts. Tests have shown that the use of nanoproducts increases profitability in poultry and livestock. Develop methods for using nanoadditives to reduce the introduction of doses of tranquilizers and hormones. VITAL ULTRA premixes

with the addition of a special natural material, bentonite. Based on terpenoids and nanostructured silicates can improve product quality, increase growth, reduce morbidity, reduce growing time, feed costs [8,9].



**Fig. 1. Areas of application of nanotechnology in animal husbandry related to the breeding of highly productive animal breeds**

The nanoadditive does not have toxic properties, does not have a negative effect on the blood and organs of animals. Russian scientists use in practice environmentally friendly nanotechnology of electro-preservation of silage with electro-activated preservative. It is used instead of expensive organic acids, which require strict safety rules. This new nanotechnology increases feed preservation by up to 95% [10,11].

Biological nanodevices that can be implanted in animals allow you to automate processes and transmit the necessary data in real time. Modern biological nanochips help to diagnose somatic and infectious diseases, in par-

ticular the species identification of pathogens of especially dangerous infections and toxins. Prevention and treatment of diseases of calves with a symptom complex of diarrhea in the newborn and lactation periods.

At present, for a large group of nanomaterials based on metals Ag, Cu, Co, Mn, Mg, Zn, Mo, Fe, the technical conditions have been obtained and their production has been established.

Iron nanoparticles are included in premixes to increase the viability of birds, birds and fish and their productivity.

In the light of recent discoveries in nanotechnology, the biological role of silicon in living organisms and its compounds, silatrans, has been studied. Silatrans have a physiological effect on living organisms at all stages of evolutionary development from microorganisms to humans.

Obtained materials with silver nanoparticles having antibacterial properties. They are used in veterinary medicine to control staphylococci and other bacteria, are used as chlorine-free disinfectants, in dressings. Silver nanoparticles are successfully used in filters, milking machines and other parts of the dairy industry equipment to inhibit the processes of fermentation and fermentation of milk. The technology of production of fodder sugar "Slastik" by deep processing of grain fodder is developed. The resulting product allows you to balance the diets of cows for easily digestible carbohydrates [12-14].

With the expansion of the construction of pig farms by 110,500,000 heads, the presence of ammonia and carbon dioxide in the air is especially dangerous for young animals, reaching the maximum permissible concentration of MPC (0.02 milligrams / l) in the summer. Electrochemical purification of polluted air without release into the environment is carried out by passing it through a nanodisperse solution of water with slaked lime.

Nanoelectrotechnology in technological processes of poultry farming with the use of high frequency electromagnetic radiation allows to carry out:

- ultraviolet irradiation of hatching eggs and young birds for the purpose of their disinfection from pathogenic microorganisms and stimulation of perinatal (during incubation) development of young birds. Studies have shown that hatchability of chickens increases to 94, and their preservation - up to 99%;

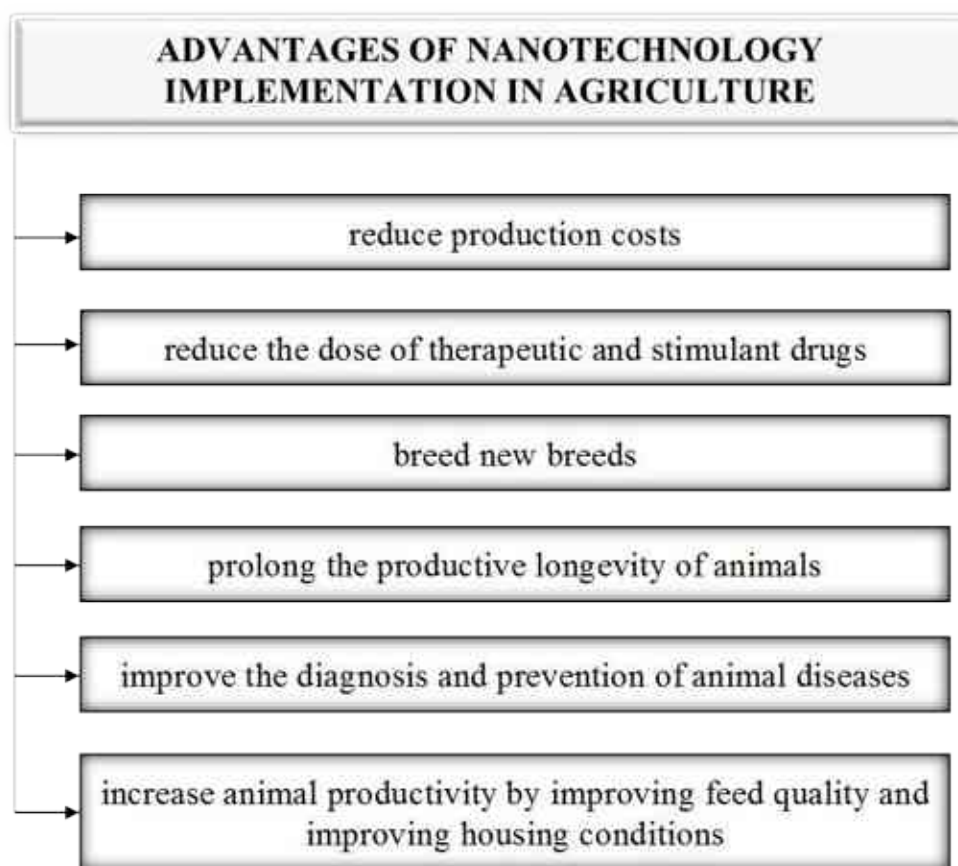
- division of young birds on the floor.

An illustration of the prospects for the introduction of nanoelectrotechnology in the practice of agricultural production can be tests of the installation of OZUF (ozone-ultraviolet irradiators), which were conducted in a poultry house for growing repair young stock in the Moscow region.

During the production testing, the effectiveness of the regime and technology of air disinfection by UVFO irradiators was confirmed, as well as the positive effect of bactericidal UVA on the microclimate and bacterial composition of air, which proves the feasibility of using such irradiators in chickens.

The development of nanotechnology contributes to the emergence of a new direction in animal husbandry, the so-called molecular animal husbandry. In Tatarstan, work has begun on genotyping and molecular diagnosis of hereditary animal diseases for breeding highly productive breeds of cattle and pigs. Today, DNA technology is actively used to detect genes associated with economic traits, resistance to stress, infectious diseases, as well as genes carrying recessive mutations - genetic abnormalities.

Each innovation has its own path of development, its own chain of formation. At present, it is difficult to assess the benefits of the introduction of nanotechnology in agriculture, but it is safe to say that this introduction will provide the following results (Fig. 2).



**Fig. 2. Benefits from the introduction of nanotechnology in agriculture**

Nanomaterials and nanotechnology are used in almost all areas of agriculture: crop production, animal husbandry, poultry farming, fish farming, veterinary medicine, processing industry, agricultural machinery production, etc.

### **References**

1. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production". 2019. Uman. 18-20.

2. Boltyanska N. I. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.
3. Boltyanskaya N.I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.
4. Boltyanskaya N.I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.
5. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.
6. Скляр Р.В., Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
7. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll. scientific-works of Intern. Research Practice Conf. "Topical issues of development of agrarian science in Ukraine". Nizhin, 2019. Pp. 84–91.
8. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. TDATU Scientific Bulletin. 2018. Issue 8. Vol. 2. Pp. 44–56.
9. Boltyansky B., Boltyansky O. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.
10. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.
11. Boltyanskaya N.I. The creation of optimal microclimate parameters in the conditions of growing shortage of energy in the pig industry. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kiev. 2016. Vol. 254. 284-296.
12. Boltyanskaya N.I. Indicators of an estimation of efficiency of application of resourcesbutGauci technologies in animal husbandry. Bulletin of Sumy national agrarian University. A series of "Mechanization and automation of production processes". Amount. 2016. Vol. 10/3 (31). 118- 121.
13. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158.
14. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.



УДК 631.363.636

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОМ ОТРЯДЕ ПРИ ЗАГОТОВКЕ КОРМОВ

Непарко Т.А., канд. техн. наук, доцент  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Постановка проблемы.** В производственном процессе заготовки силоса и сенажа наиболее напряженным звеном является перевозка измельченного растительного сырья от кормоуборочных комбайнов к местам закладки на хранение. В настоящее время многие сельскохозяйственные предприятия республики при заготовке кормов используют высокопроизводительные комбайны импортного производства «Ягуар 850», пропускная способность которых достигает 45-55 кг/с. Загрузить комбайн при такой высокой производительности и ограниченном количестве транспорта на предприятиях довольно сложно, а его простой приносит большие материально-денежные затраты. Исследования проводились на основе анализа производственной деятельности ОАО «1-ая Минская птицефабрика» и наличия необходимой сельскохозяйственной техники для транспортировки силосной массы. Полевые работы выполняли поточным способом укрупненными специализированными подразделениями на основе эффективного технического и транспортного обслуживания уборочных агрегатов, что повышает производительность труда, улучшает использование техники и, что особенно важно, сокращает сроки, уменьшая тем самым потери выращенного урожая.

Эффективность работы всего уборочно-транспортного отряда в значительной степени зависит от организации транспортного обслуживания, причем определение рационального количества транспортных средств представляет некоторую трудность.

Обусловлено это тем, что в реальных условиях момент наполнения прицепа транспортного средства силосной массой и момент прибытия другого транспорта на поле из рейса не совпадают, так как продолжительность рейса зависит от скорости движения, времени взвешивания и разгрузки транспортного средства, удаленности места работы комбайна в каждом конкретном случае от магистральных дорог и т.п. На время наполнения прицепа транспортного средства силосной массой оказывают влияние рельеф, урожайность, влажность убираемой культуры в течение суток и т. п., что неизбежно приводит к простоям комбайнов и транспортных средств.

**Основные материалы исследования.** Максимальная производительность кормоуборочного комбайна за час сменного времени  $W_{\text{ч}}$  (га/ч) в зависимости от номинальной пропускной способности рабочих органов  $q_{\text{н}}$  (кг/с) и урожайности зеленой массы  $H$  (т/га) равна [1, 2]

$$W_{\text{ч}} = \frac{3,6q_{\text{н}}}{H}.$$

Вместе с тем производительность комбайна  $W_{\text{ч}}$  (га/ч) равна

$$W_{\text{ч}} = 0,1b_p v_p \tau,$$

где  $b_p$  – рабочая ширина захвата жатки комбайна, м;  $v_p$  – рабочая скорость движения комбайна, км/ч;  $\tau$  – коэффициент использования времени смены.

Тогда рабочая скорость движения комбайна  $v_p$  (км/ч)

$$v_p = \frac{W_{\text{ч}}}{0,1b_p \tau}.$$

Экономически целесообразно такое соотношение количества комбайнов и обслуживающих транспортных средств, при котором достигается минимум целевой функции [3]

$$S = C_{\text{II}} \lambda t_{\text{ож}} + C_{\text{а}} n \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $C_{\text{II}}$  – ущерб за один час простоя комбайна в ожидании обслуживания, у.е./ч;  $\lambda$  – среднее количество заявок на обслуживание в 1 час;  $t_{\text{ож}}$  – среднее время ожидания каждой заявки, ч;  $C_{\text{а}}$  – часовые затраты на содержание одного транспортного средства (сумма прокатной оценки, отчисления на реновацию и заработную плату механизатору), у.е./ч;  $n$  – количество транспортных средств в уборочно-транспортном отряде, шт.

Ориентировочно, можно считать, что ущерб  $C_{\text{II}}$  (у.е./ч) за один час простоя кормоуборочного комбайна составит не менее

$$C_{\text{II}} = W_{\text{ч}} C_{\text{б}},$$

где  $C_{\text{б}}$  – себестоимость 1 т зеленой массы кукурузы, у.е.

Количество транспортных средств для обслуживания комбайна без учета вероятностного характера взаимодействия системы «комбайн—транспортные средства»

$$n = \frac{mT_p}{t_{\text{погр}}},$$

где  $m$  – количество комбайнов, одновременно работающих на поле, шт.;  $T_p$  – продолжительность одного рейса транспортного средства, мин.;  $t_{\text{погр}}$  – время наполнения прицепа транспортного средства силосной массой, мин.

Время  $t_{\text{погр}}$  (ч) наполнения транспортного агрегата силосной массой

$$t_{\text{погр}} = \frac{10^4}{3600} \cdot \frac{Q}{Hb_p v_p \varphi},$$

где  $Q$  – грузоподъемность транспортного средства, т;  $\varphi$  – коэффициент рабочих ходов.

Продолжительность одного рейса транспортного средства  $T_p$  (мин.) составляет

$$T_p = t_{\text{погр}} + t_p + \frac{60 \cdot 2L}{v_{\text{cp}}},$$

где  $t_p$  – время взвешивания и разгрузки транспортного агрегата, мин.;  $L$  – среднее расстояние перевозки, км;  $v_{\text{cp}}$  – средняя скорость движения транспортного агрегата, км/ч.

Эффективность системы «комбайн–транспортные средства» описывают методы теории массового обслуживания [4]. При работе комбайна постоянно возникают так называемые заявки (требования) на обслуживание в виде наполненных силосной массой транспортных средств. После заполнения силосной массой прицепа транспортного средства (удовлетворения заявки на обслуживание) комбайн становится источником новых заявок. Таким образом, систему «комбайн – транспортные средства» следует рассматривать как замкнутую систему массового обслуживания, в которой в среднем возникает  $\lambda'$  заявок на обслуживание в единицу времени. В то же время каждое транспортное средство (канал обслуживания) способен удовлетворить  $\mu$  заявок в единицу времени.

В системах массового обслуживания наиболее распространен стационарный пуассоновский (простейший) поток заявок, который характеризуется ординарностью, стационарностью и отсутствием последствия. Ординарность означает, что одновременное поступление на обслуживание двух и более заявок считается маловероятным событием. Стационарность потока определяется постоянством вероятности возникновения заявок на обслуживание в течение рассматриваемого времени. Отсутствие последствия проявляется в том, что вероятность поступления определенного числа заявок не зависит от числа предшествующих заявок. В случае пуассоновского потока заявок аналитические зависимости для расчета параметров системы массового обслуживания получаются наиболее простыми.

Интенсивность потока заявок за 1 ч составит

$$\lambda' = \frac{1}{t},$$

где  $t$  – математическое ожидание времени между двумя соседними заявками (среднее время наполнения кузова транспортного средства силосной массой), ч.

За время одного рейса удовлетворяется одна заявка на обслуживание. Следовательно, пропускная способность одного канала обслуживания равна

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{обс}}},$$

где  $t_{\text{обс}}$  – среднее время обслуживания одной заявки, ч.

Приведенная плотность потока заявок  $\psi$  равна

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu}.$$

Параметр  $\psi$  для одноканальной системы соответствует времени, при котором система занята обслуживанием заявок. Разность  $1-\psi$  соответствует времени простаивания системы. Для многоканальной системы параметр  $\psi$  равен среднему числу постоянно занятых обслуживанием каналов, а разность  $n-\psi$  – простаивающих каналов. Величина  $\psi$  не может быть произвольной. Установившийся режим существует только при  $\psi < n$ , в противном случае ( $\psi \geq n$ ) система не справится с обслуживанием, и очередь будет расти неограниченно.

В сельскохозяйственном производстве наибольшее распространение получили системы массового обслуживания с ожиданием. Это такие системы, в которых заявка, поступившая в момент времени (все каналы обслуживания заняты), становится в очередь и ожидает, пока не освободится какой-либо канал. Так, комбайн после наполнения прицепа транспортного средства силосной массой не покидает систему, а ожидает очередное транспортное средство для его загрузки.

Вероятность того, что все каналы обслуживания (транспортные средства) простаивают, т.е. в системе отсутствуют заявки на обслуживание (комбайн не готов к наполнению прицепа транспортного средства) описывается зависимостью

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\psi^k}{k!} + \frac{\psi^{n+1}}{n!(n-\psi)}},$$

где  $n$  – количество всех, имеющихся каналов обслуживания в системе (число транспортных средств, включенных в состав уборочно-транспортного отряда);  $\psi$  – приведенная плотность потока заявок, или коэффициент загрузки системы, определяемый отношением среднего числа заявок, поступающих в единицу времени, к среднему числу заявок, которое система в состоянии обслужить.

Вероятность того, что обслуживанием заняты ровно  $k$  каналов ( $0 \leq k \leq n$ ) равна

$$P_k = \frac{\Psi^k}{k!} P_0.$$

Среднее время ожидания заявок начала обслуживания  $t_{ож}$  (ч) равно

$$t_{ож} = T_p - (n \cdot t_{погр}).$$

Отрицательное значение  $t_{ож}$  означает, что в ожидании будут находиться каналы обслуживания (транспортные средства).

**Результаты и выводы.** По данной методике нами произведен выбор рационального количества транспортных средств для обслуживания одного кормоуборочного комбайна «Ягуар 850» в условиях ОАО «1-ая Минская птицефабрика» (РБ). В качестве транспортных средств на предприятии используют 11 агрегатов Беларус 82.1+2ПТС-4, для полной загрузки которых рекомендовано наращивание бортов, обеспечивающее объем прицепа 17 м<sup>3</sup> и грузоподъемность 4 т.

Таблица

Показатели взаимодействия системы комбайн «Ягуар 850» – транспортное средство Беларус 82.1+2ПТС-4

Количество транспортных средств, $n$ , шт.	Наименование показателя			
	Среднее время ожидания комбайна, $t_{ож}$ , мин. (ч)	Ущерб от простоев комбайна, у.е.	Затраты на содержание транспортных средств, у.е.	Общая сумма ущерба и затрат, $S$ , у.е.
1	10,7 (0,178)	10700,0	4,797	10704,797
2	9,2 (0,153)	9200,0	9,595	9209,595
3	7,7 (0,128)	7700,0	14,392	7714,392
4	6,2 (0,103)	6200,0	19,189	6219,189
5	4,7 (0,078)	4700,0	23,987	4723,987
6	3,2 (0,053)	3200,0	28,784	3228,784
7	1,7 (0,028)	1700,0	33,581	1733,581
8	0,2 (0,003)	200,0	38,379	238,379
9	0	0	43,176	43,176
10	0	0	47,973	47,973
11	0	0	52,771	52,771

При уборке кукурузы на силос одним кормоуборочным комбайном «Ягуар 850» со средней пропускной способностью 50 кг/с, урожайности зеленой массы 35,77 т/га, среднем расстоянии транспортировки груза 1 км по дорогам с твердым покрытием и себестоимости 1 тонны зеленой массы 8,33 у.е по формуле (1) определена сумма ущерба от вы-



нужденных простоев кормоуборочного комбайна и затраты на содержание транспортных средств для случаев, когда комбайн обслуживают от 1 до 11 транспортных средств.

В результате исследований (таблица) установлено, что минимальное время ожидания обслуживания кормоуборочного комбайна «Ягуар 850», используемого в ОАО «1-ая Минская птицефабрика» для уборки кукурузы на силос, при наименьшей общей сумме ущерба от простоев комбайна и затрат на содержание транспортных средств, получено при использовании девяти агрегатов Беларусь 82.1+2ПТС-4. Два оставшихся агрегата можно использовать в качестве резервных.

Сокращение времени ожидания кормоуборочного комбайна позволит существенно снизить себестоимость кормов, улучшить их качество путем сокращения времени уборки и закладки на хранение, более рационально использовать сельскохозяйственную технику.

Разработанная методика выбора рационального количества транспортных средств при уборке сельскохозяйственных культур может быть использована при проектировании производственных процессов, планировании использования технического и трудового потенциала в природно-производственных условиях республики и конкретных условиях сельскохозяйственных предприятий.

#### ***Список литературы***

1. Непарко Т.А. Прогнозирование рационального состава машинно-тракторных агрегатов // Агропанорама. 2004. № 2. С. 30-36.

2. Новиков А.В., Непарко Т.А., Кушнер Д.А. Влияние грузоподъемности транспортных средств на производительность кормоуборочных комбайнов. В сб. «Современные технологии и комплексы технических средств в сельскохозяйственном производстве». Материалы международной научно-практической конференции. Минск, БГАТУ, 2005. С. 59 –60.

3. Непарко Т.А., Прищепчик М.В. Рациональное использование технических средств в поточных процессах. В сб. «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве», посвященной ведущим ученым БГАТУ, создателям научной школы по автотракторостроению Д.А. Чудакову, В.А. Скотникову. Материалы Международной научно-практической конференции. Минск, БГАТУ, 2013. С. 191-195.

4. Шило И.Н., Дашков В.Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства. Мн.: БГАТУ, 2003. 183 с.

УДК 629.3

## ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АВТОМОБІЛІВ В АПК

Батюк Л.М., зав. н. лабораторією

Батюк М.В., магістрант,

*Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна*

В останні роки інтелектуальні технології отримують все більш широке поширення в АПК. Для забезпечення стабільного розвитку агропромислового комплексу необхідне впровадження новітніх прогресивних технологій. Використання інновацій та техніко-технологічних розробок в аграрній галузі дасть змогу підвищити результативність її діяльності. За рахунок інтенсивних технологій ведення вітчизняного сільськогосподарського виробництва можна досягти збільшення виробництва валової продукції, покращити її якість, скоротити витрати ресурсів, що, в свою чергу, сприятиме підвищенню ефективності та прибутковості агровиробництва.

В АПК широко застосовується автомобільний транспорт, який має досить складну техніку, що характеризується високим ступенем автоматизації та комп'ютеризації. Автомобільний транспорт являється частиною виробничої інфраструктури аграрних підприємств, що забезпечує безперервність і ритмічність сільськогосподарського виробництва. Важливою умовою ефективного інтелектуального управління агропромисловим виробництвом є широке використання бездротових сенсорних систем і систем супутникової навігації. Обсяг і рівень «насичення» автомобілів компонентами засобів автоматизації залежить від їх призначення та необхідного рівня керування рухом автомобіля та управлінні робочими процесами.

Сучасні вантажні автомобілі мають телематичні модулі супутникової навігації, вбудовані бортові системи діагностування майже всіх технічних систем, адаптоване керування робочими процесами, розпізнавання і коригування паливної суміші, регулювання витрати пального в ДВЗ. Високий технічний рівень виробництва автомобілів дає можливість підвищити ресурс, технічну та екологічну безпеку, надійність, контролювати дії водія, коригувати періодичність та норми ТО порівняно з традиційними конструкціями автомобілів.

Електронні системи транспортного засобу сьогодні, в основному, виконують функцію закритих. Отримана від різних датчиків автомобіля інформація аналізується з допомогою відповідних програм і виробляє в електронному блоці керування команди для виконавчих пристроїв з метою підвищення безпеки руху, зручності керування, підвищення ефективності транспортного засобу та зниження навантаження

на довідку. Також сигнали від деяких систем можуть бути використані як відкриті для передачі у зовнішнє середовище: інформаційним центрам, дорожньо-транспортній інфраструктурі, іншим учасникам руху. Автомобіль може не тільки передавати інформацію від внутрішніх систем, але й отримувати її від зовнішніх джерел і використовувати для більш безпечного та ефективного, навіть, автоматичного керування.

### *Список використаних джерел*

1. Мигаль В.Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів : Монографія. В. Д. Мигаль. Харків: Майдан, 2018. 262 с.
2. Бажинова Т.О. Інтелектуальні та інтелектуалізовані інформаційні системи автомобілів. Міжнародної науково-практичної конференції "Новітні технології розвитку автомобільного транспорту" 16-19 жовтня 2018 р. С. 468-469 URL: [http://af.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F\\_Automobile/conf/2018\\_conf\\_V/\\_Tezisy\\_part18Opdf.pdf](http://af.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F_Automobile/conf/2018_conf_V/_Tezisy_part18Opdf.pdf)

**УДК 519:658.78**

## **ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ**

Подашевская Е.И., ст. преподаватель,  
Сапун О.Л., канд. пед. наук, доцент,  
Гурнович М.Н., ст. преподаватель  
*Белорусский государственный аграрный технический университет, г.  
Минск, Беларусь*

Формирование предмета «Логистика» началось в 60-е годы двадцатого века с целью управления материальными потоками в сфере обращения. Рационализация хранения и перевозки товаров дала существенный экономический эффект благодаря использованию единой согласованной технологии. Транспортная логистика была выделена в отдельный раздел, в котором большое внимание выделяется выбору видов транспорта. Однако географические условия Беларуси определяют доминирование автомобильного транспорта, доля которого в общем грузопотоке составляет более 70%. Это позволяет считать особенно актуальной задачу выбора оптимального маршрута перевозок. Такая задача может быть поставлена и решена с использованием экономико-математического моделирования, обеспечивающего выбор оптималь-

ных (дешевых) маршрутов доставки грузов от поставщиков к потребителям. При этом количество складов и количество потребителей при расчете модели не ограничено.

Однако анализ учебной литературы по предмету выявил недостаточное внимание к обозначенной теме, особенно к ее компьютерной реализации.

Для повышения качества логистического планирования и обучения студентов принимать экономически обоснованные решения, предлагается следующая методика преподавания темы «Транспортная логистика», апробированная в учебном процессе [1]

1. Дается теоретическое представление о транспортной задаче (однотипный груз) на компактном примере.

2. Производится отработка примера в среде Excel, инструмент «Поиск решения». При этом предварительных знаний по работе с этим инструментом не требуется. Последующие расчеты также будут реализованы в Excel. Методические материалы по использованию «Поиска решения». следует оформлять в виде краткого текста с последовательностью рисунков: копий экрана, иллюстрирующих действия.

3. Производится расчет примера, приближенного к реальности и анализ полученных результатов.

4. В задачу вводятся дополнительные ограничения и требования и производится их запись, расчет и анализ.

Реализация дополнительных ограничений чрезвычайно важна при подготовке специалистов. Примером простого, но обязательного ограничения, является «закрытие» одного склада. В связи с плановым ремонтом или перепрофилированием может потребоваться полностью освободить склад поставщика, невзирая на повышение затрат. Необходимо также ввести в учебный процесс требование о доставке грузов от двух и более источников, с целью диверсификации поставок.

Необходимо также предусматривать работу поставщиков в ситуации дефицита запасов. В этом случае необходимо построить два плана перевозок: оптимальный план распределения запасов и, при необходимости, его корректировку, обеспечивающее обязательное выполнение заказов приоритетных потребителей (госзаказ, контракт). Возможно также принятие решения о частичном удовлетворении потребителей путем введения соответствующих ограничений.

Особое внимание следует уделить другому варианту постановки транспортной задачи – назначению машин различной грузоподъемности по маршрутам, а для задачи оптимизации кольцевых маршрутов теоретические основы транспортной логистики следует дополнить «задачей коммивояжера» с решением по методу ветвей и границ (алгоритм Литгла) [2].

Но если задача определения оптимальных маршрутов очевидна для применения в транспортной логистике, то существует еще группа

задач, зв'язаних з обслуговуванням транспортних засобів, їх погрузки і ремонту. Для рішення задач подібного роду слід використати моделі масового обслуговування. Ці моделі діляться на одноканальні і багатоканальні, причому кожна розділяється на моделі з відмовами в обслуговуванні, з обмеженою довжиною черги і з необмеженою довжиною черги.

Розрахунок подібних моделей технічно прості. Ключовим моментом є вибір виду моделі і визначення вихідних даних. Прикладом рішення подібної задачі є задача обґрунтування оптимального співвідношення вантажо-розвантажувальних і транспортних засобів при ймовірному прибутті транспортних засобів, виконана в електронній таблиці Excel [1].

Для аналізу графіка проведення планових ремонтних робіт в транспортній логістиці може бути використана універсальна модель мережевого планування і управління. Також можливо використання мережевої постановки транспортної задачі [3].

Усилення логістического підходу математическим моделюванням діяльності не тільки забезпечить покращення господарських результатів логістическої діяльності, але одночасно послужить розвитку майбутнього спеціаліста, завдяки симбіозу логіки математики і її грамотного техніческого використання при допомозі комп'ютера. Навчений приймати економіческі зважені рішення спеціаліст буде востребован не тільки в логістическій, але і в будь-якій господарственной діяльності.

### **Список литературы**

1. Логистика. Практикум: учебно-методическое пособие / О. Л. Сапун [и др.]. Минск : БГАТУ, 2018. – 184 с.
2. Математические методы и модели в логистике: монография / А.И. Богданов, А.А. Селезнев: СПб.: «ФГБОУПТД», 2016. 105 с.
3. Просветов, Г. И. Математические методы в логистике: задачи и решения: учебно-практическое пособие. Москва: Альфа-Пресс, 2014. 302 с.



УДК 631.171:0041

## ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ – НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Болтянська Н.І., к.т.н.,

Латоша В.В., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Науковий прогрес невпинно рухається уперед і це охоплює усі галузі промисловості. Сільське господарство не є винятком, тому кожне підприємство повинно відмовлятися від застарілих технологій і впроваджувати нові, які покращать продуктивність, якість продукції і таке інше [1,2]. Аналізуючи процеси реформування земельних відносин, слід зазначити, що протягом останніх десятиліть значно збільшилася кількість землеволодінь та землекористувань (у тому числі сільськогосподарських). Цей факт свідчить про потребу зміни механізму регулювання земельних відносин, пов'язаного із загостренням проблеми раціонального використання земель, їх охорони. Тобто, існує необхідність пошуків нових наукових підходів щодо розробки моделей оптимізації структури земель, які використовуються в сільському господарстві. Вирішення цих питань неможливе без переходу до якісно нового рівня інформації про земельні ресурси території, яку можна отримати, впроваджуючи сучасні технології, використовуючи геоінформаційні системи (ГІС). Сьогодні увага багатьох науковців (у сферах сільського господарства, економіки, географії, розвитку сучасних технологій) зосереджена на вирішенні питань ефективного використання геоінформаційних технологій при управлінні земельними ресурсами, картографування стану використання земельних ресурсів певних адміністративно-територіальних одиниць [3-6].

Геоінформаційні системи застосовують для аналізу всієї зібраної інформації про стан полів. На сільськогосподарському підприємстві, де не використовують геоінформаційні системи, всі рішення приймають фахівці, на підставі уривчастих даних і свого досвіду.

Таким чином приймаються рішення: що посіяти на кожному полі; які і скільки добрив потрібно; терміни посіву та збирання; прогноз врожаю. Якщо урожай повністю залежить від кваліфікації фахівців підприємства, ризик помилок великий. Геоінформаційні системи використовують для аналізу величезних обсягів даних і видають рекомендації аналітикам [7,8].

Геоінформаційна система отримує дані з таких джерел: карти, схеми, плани ділянок; супутникові навігаційні системи – наприклад GPS (координати і розміри ділянок); програми для обробки даних.

Використання геоінформаційних систем дозволить збільшити обсяг виробництва, знизити витрати на обробку, добриво, збір і транспортування, а також, прогнозувати врожай і обсяг збуту.

Геоінформаційна система аналізує такі дані:

- електронні карти сільськогосподарських угідь;
- карти вмісту мінеральних речовин в ґрунті;
- характеристики ґрунту;
- карти рельєфу;
- дані погодних, кліматичних і гідрологічних умов;
- дані про врожайність;
- дані про внесення добрив, хімічної обробки;
- інформація про захворювання сільськогосподарських культур, поширення шкідливих комах;
- дані про обсяг збуту продукції в різні періоди часу;
- інформацію про можливе обсязі зберігання продукції [9-12].

Зіставити всі ці дані без єдиної системи аналітики неможливо. Для того, щоб прийняти правильне рішення, знадобиться багато часу і багато фахівців. Геоінформаційна система визначає: тип і обсяг посівів; кількість добрив і хімікатів; прогнозує урожай; зіставляє обсяг продукції і обсяг зберігання (склади, сховища).

Геоінформаційна система не замінить фахівців в сільському господарстві, але виконає за них більшу частину рутинної роботи.

Без геоінформаційної системи неможливо впровадити методики «точного землеробства». Для контролю за місцем розташування, переміщенням і станом техніки застосовують системи супутникового моніторингу. Кожна одиниця техніки обладнана пристроєм – трекером. Трекер за допомогою різних датчиків збирає інформацію і передає по GSM каналу в диспетчерський пункт. Інформацію про координатах техніки, швидкості і напрямку руху отримують з датчика сигналу супутників. Датчики враховують інформацію про витрачене паливо. Також, датчики встановлюють для контролю: обсягу зібраного врожаю, витрачених добривах; стомленості водія; справності вузлів і агрегатів техніки, навісного обладнання. У разі відхилення техніки від маршруту, диспетчерський пункт зв'язується з водієм і уточнює ситуацію. Можливість віддаленого контролю за роботою техніки, контролю витрат посівного матеріалу і палива дозволяє економно витрачати ресурси, а також покращувати отримані показники (продуктивність, якість і т.д.) – це нові технології енергозбереження в сільському господарстві.

#### ***Список використаних джерел***

1. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production". 2019. Uman. 18-20.

2. Boltyanska N. I. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.
3. Boltyanskaya N. I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.
4. Boltyanskaya N. I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.
5. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N., Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.
6. Болтянська Н.І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва шляхом підвищення рівня надійності техніки. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2018. Вип. 282, ч.1. С. 181–192.
7. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll. scientific-works of Intern. Research Practice Conf. “Topical issues of development of agrarian science in Ukraine”. Nizhin, 2019. Pp. 84–91.
8. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. TDATU Scientific Bulletin. 2018. Issue 8. Vol. 2. Pp. 44–56.
9. Boltyansky B., Boltyansky O. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.
10. Скляр Р.В., Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
11. Boltyanskaya N. I. The creation of optimal microclimate parameters in the conditions of growing shortage of energy in the pig industry. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of АПК. Kiev. 2016. Vol. 254. 284-296.
12. Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

УДК 631.3 : 631.55.004.16

**СНИЖЕНИЕ ПРОСТОЕВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Непарко Т.А., канд. техн. наук, доцент

Жебрун В.И., магистрант

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Постановка проблемы.** При оптимизации размеров сельскохозяйственных предприятий и их подразделений, расчете условной стоимости работ, выполняемых агрегатами, и установлении очередности работ при оперативном планировании, при разработке новых методов и средств технического обслуживания необходимо научное обоснование любой остановки, перерыва в работе технического средства, не предусмотренного правилами эксплуатации, технологией, организацией работ и соответствующими технически обоснованными нормами в периоды, когда агрегат или машина должны по плану работать и могут быть использованы [1].

**Основные материалы исследования.** Оценить потери от простоев по техническим причинам, повысить безотказность работы техники, можно анализируя ряд показателей:  $P_{ур}$  – недобор урожая из-за нарушения оптимальных сроков работ;  $P_{ур.к}$  – снижением качества продукции;  $P_{пр.з}$  – увеличение себестоимости продукции, вызванного ростом прямых эксплуатационных затрат и недобором урожая;  $P_{мех}$  – недоиспользование механизаторов и оплата времени простоев;  $P_{мер}$  – организационно-технические мероприятия, направленные на уменьшение продолжительности простоев или их ликвидацию;  $P_{тех}$  – устранение технических отказов и неисправностей, при этом оценивая общие простои по организационным причинам, показатель  $P_{тех}$  не учитывается [2, 3].

Потери от недобора урожая за час простоя агрегата определяем по формулам:

– на посевных работах и уборке зерновых культур

$$P_{ур} = 0,5(C_3 - C_{пл})U_{пл}K_dW_чД(0,5 + K_{пр}); \quad (1)$$

– на работах по подготовке почвы

$$P_{ур} = 0,5(C_3 - C_{пл})U_{пл}K_dW_чД(1 + K_{пр}); \quad (2)$$

– на уборке корнеклубнеплодов

$$P_{ур} = 0,5(C_3 - C_{пд})U_{пл}K_dW_qD\left(1 + K_{пр} - \frac{D_{бл}}{D}\right) + (C_3 - C_{пд})U_{пл}W_qD(K_{пр} - K'_{пр}), \quad (3)$$

где  $C_3$  – закупочная цена культуры, руб./т;  $C_{пд}$  – суммарные удельные затраты на уборку, послеуборочную обработку и транспортировку продукции к месту сдачи (продажи) при определении потерь на транспортных работах, выполняемых до уборки (для уборочных агрегатов  $C_{пд}$  – затраты на послеуборочную обработку и транспортировку продукции), руб./т;  $U_{пл}$  – плановая урожайность культуры, т/га;  $K_d$  – коэффициент дифференцированных потерь урожая из-за простоев, дни<sup>-1</sup>;  $W_q$  – нормативная выработка агрегата за час сменного времени, га/ч;  $D$  – срок выполнения работы без учета простоев, дни;  $K_{пр}$  – коэффициент простоя.  $K'_{пр} = D'_{пр} / D$ , где  $D'_{пр}$  – срок выполнения оставшегося из-за простоев объема работ;  $D_{бл}$  – наиболее благоприятный период выполнения работ – от момента  $D_{U_{max}}$  получения максимального урожая до предельного срока  $D_{пр}$ , при котором еще отсутствуют потери урожая ( $P_{ур} = 0$ ).

По технологическим картам возделывания сельскохозяйственной культуры определяем составляющие удельных затрат  $C_{пд}$  в (1)-(3). Урожайность культуры принимаем фактическую или прогнозируемую. Коэффициент дифференцированных потерь принимаем по данным опытных станций (сортоиспытательных участков), с учетом доли относительных потерь урожая за сутки от простоя техники. Сроки выполнения работ без учета простоев  $D$  зависят от технической оснащенности сельскохозяйственного предприятия и приводятся в технологических картах возделывания сельскохозяйственных культур.

Коэффициент простоя  $K_{пр}$ , т.е. доля всех простоев в общем рабочем времени, устанавливается по данным хронометражных наблюдений, проводимых в нормативно-исследовательской сети сельского хозяйства. При этом суммируем как внутрисменные, так и дневные простои агрегатов. Потери за час простоя агрегатов, обусловленные снижением качества убранной продукции  $P_{ур.к}$ , определяем исходя из соотношения продолжительности работы с учетом простоев и срока окончания сдачи продукции тем или иным сортом в течение уборочного периода.



При простом транспорте, перевозящего сельскохозяйственные продукты, возможно одновременное снижение количества и качества продукции. В этом случае учитываем суммарные потери:

$$P_{ур.сум} = P_{ур} + P_{ур.к}.$$

Потери от увеличения себестоимости продукции, вызванного ростом прямых эксплуатационных затрат на единицу продукции или работы и недобором урожая в результате простоев агрегатов  $P_{пр.з}$  особенно ощутимы на тех работах, где затраты на их выполнение не зависят от урожайности культур (пахота, посев, междурядная обработка и др.).

Потери  $P_{мех}$ , связанные с оплатой времени простоя механизаторов, включают в себя как оплату недоиспользованного рабочего времени механизатора при простое агрегата, так и расходы на социально-бытовое обеспечение. При оплате за вынужденный простой на каком-либо виде работы учитываем лишь то время, которое механизатор не был занят другой работой. Организационно-технические мероприятия, направленные на сокращение или ликвидацию простоев, способствуют уменьшению потерь  $P_{ур}$ ,  $P_{пр.з}$ ,  $P_{мех}$ , но в то же время требуют определенных затрат, учитываемых составляющей  $P_{мер}$ , которая определяется для конкретной климатической зоны республики по результатам наблюдений.

Потери  $P_{тех}$  за час простоя, связанные с выходом из строя трактора или машины в период между техническими обслуживаниями или ремонтами, определяем с учетом затрат на устранение отказов и неисправностей в течение заданного периода и продолжительности простоя агрегата. Средние годовые суммарные потери за час простоя трактора данной марки для отдельной зоны рассчитываем по формуле

$$P_{сум.з} = \sum_{i=1}^n P_{сум_i} P_i,$$

где  $P_{сум_i}$  – суммарные средние потери от простоя на  $i$ -ом виде работы, руб./ч;  $P_i$  – доля работы  $i$ -го вида в общем объеме работ трактора за год;  $n$  – количество видов работ, принятых при расчете потерь.

Потери за час простоя техники определяем, как в среднем за год, так и за отдельный напряженный период (посевной, уборочный). В последнем случае учитываем виды работ, выполняемые в этот период.

**Результаты и выводы.** Проведенные расчеты по разработанной методике показали, что размер потерь зависит главным образом от

структуры посевных площадей, выполняемых работ, сроков их проведения и производительности агрегатов.

Дальнейшее повышение урожайности культур, рост энергонасыщенности тракторов и производительности агрегатов ведут к увеличению стоимости часа простоя техники.

Поэтому в период интенсификации сельскохозяйственного производства борьба с простоями, вызванными техническими и организационными причинами, приобретает особенно важное значение. Наряду с совершенствованием конструкции тракторов, комбайнов, повышением их надежности необходимы меры технологического и организационного характера.

### *Список литературы*

1. Непарко Т.А. Повышение эффективности производства картофеля обоснованием рациональной структуры и состава применяемых комплексов машин. Автореф. канд. дисс., Минск, 2004.

2. Непарко Т.А., Новиков А.В., Прищепчик М.В.. Оценка потерь от простоев агрегатов // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Минск : БГАТУ, 2016. – С. 194-196.

3. Непарко Т.А., Новиков А.В., Жданко Д.А., Жебрун В.И. Простои агрегатов: оценка и пути снижения // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Минск : БГАТУ, 2017. С. 453-457.

УДК 630.171.075.3

**ANALYTICAL FORMALIZATION OF THE PURPOSE OF THE SYSTEM OF MAINTENANCE OF AGRICULTURAL MACHINERY**

Rogovskii I., c.t.s.

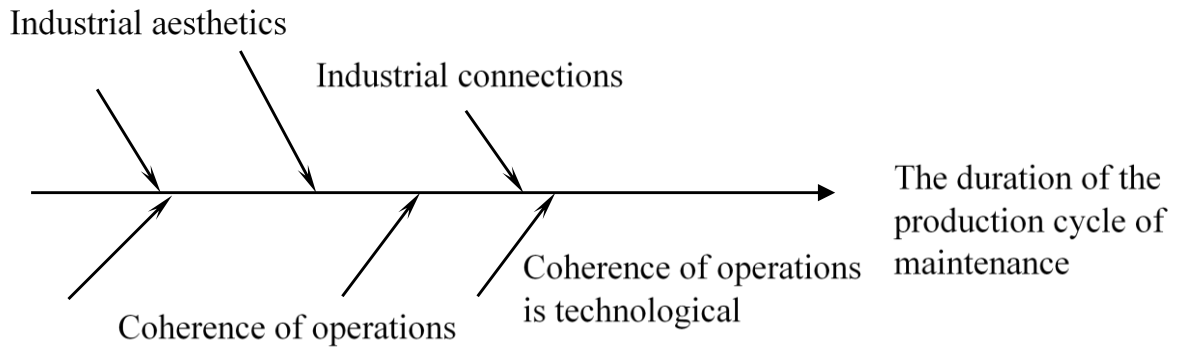
*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine*

Solving the problems of the efficiency of the maintenance system of agricultural machinery is impossible without appropriate scientific support, which is currently insufficient. The solution to the problem lies in the plane of modeling the service system of such organizational, technical and technological conditions under which the service is effective. Theoretical studies of the system should answer two main questions - how should the system change depending on the level of development of agricultural production, as well as – what parameters should it have as a system of service and repair service to perform appropriate interventions with minimal technologically necessary resource costs and investments [1-3].

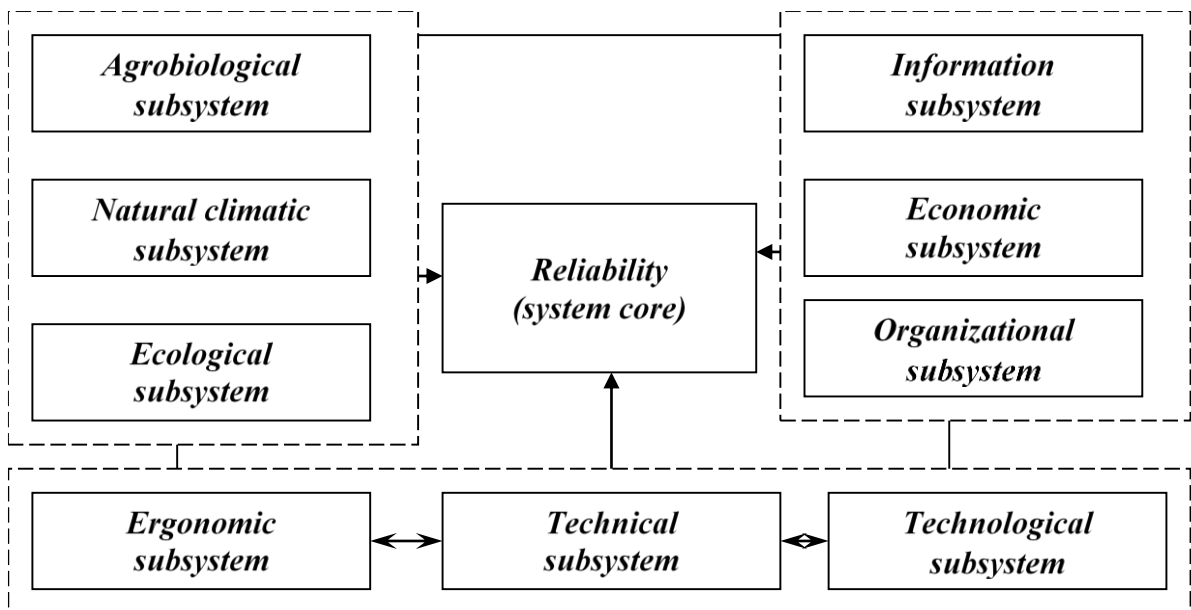
However, the definition of system parameters and its development should be based on clearly formulated scientific principles: systematics, subject-technological approach, mathematical modeling [4], risk justification, optimization and forecasting [5,6]. And according to the author of the article, the formalization of the purpose of the system itself.

Formulation of the goals of the article. Record the provisions of the analytical description of the formalization of the purpose of the maintenance system of agricultural machinery. The system of maintenance of agricultural machinery has its own special mission, in which this system goes beyond agricultural production and directly affects the design and production of agricultural machinery (Fig. 1) through many alternative functional schemes of the main production component:  $f = (f_1^s, f_2^s, \dots, f_n^s) \cup (f_1^p, f_2^p, \dots, f_k^p)$ , where  $\cup$  - the sign of disjunction ("or" logic),  $f_1^s, f_2^s, \dots, f_n^s$  and  $f_1^p, f_2^p, \dots, f_k^p$  - production factors.

Summarizing the scientific experience, we have formulated a hierarchical system for forming an assessment of the intensification of maintenance of agricultural machinery (Fig. 2). The core of the system is a generalized criterion of reliability. Each subsystem has its own differences and features and is interconnected with others. In general, the system is a complex technical system that has the properties of associativity, reflectivity, heterogeneity and emergence.



**Fig. 1. Influence of production factors on maintenance**



**Fig. 2. Evaluation system for intensification of maintenance of agricultural machinery**

Natural and climatic: terrain; soil strength; soil properties; altitude.

Agrobiological - soil weeds, field configuration.

Technical: preparation of machines for work; maintenance mode; parts recovery system, storage mode; required quality of fuels and lubricants, provision of spare particles; certification of equipment and technical service.

Organizational and production: structure of production assets; machine system structure; workloads and downloads; technical operation management; application of rent, contract, leasing; joint use of equipment, updating of machines, choice of technological complex, choice of process parameters, use of time of change, modes of technological service; ways of movement of machine-tractor units, speed mode.

Sociological: labor protection, labor organization, production certifi-

cation, motivation for the production of the final product, information support, personnel and infrastructure.

The subsystems combine more than 60 factors. It is possible to objectively estimate this complex set only by multicriteria optimization. The qualimetric basis of assessment with a significant number of metrological and qualitative criteria, which are characterized by differences and physical content, is the justification of the coefficients of "dominance" or "desirability" with their change from 0 to 1 with the resulting comparison of data on an arbitrary solution. The method of calculating the coefficients was developed in the works of RL Kini. The generalizing criterion is calculated according to the private coefficients of "dominance", according to which the adaptability of maintenance technologies with unified and generalized processes for machines of all types and brands is proposed on a single scientific and methodological basis:

- subsystem typification ensures the implementation of all types of technology to maintain agricultural machinery in working order with optimal labor costs, time, materials, resources and energy resources;
- subsystem of specialization provides all types of maintenance of machines operated by different owners;
- operational technologies are adapted to the maintenance process;
- subsystem of parametric series of executions at the expense of block-modularity and variable-blockiness, taking into account complexity and various purchasing power of the owner of cars.

### *References*

1. Rogovskii I. Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. MOTROL. Lublin. 2016. Vol. 18, No 3. 155-164.
2. Rogovskii I. Analytical provision of regular preventive maintenance of agricultural machinery and system implementation. MOTROL. Lublin. 2017. Vol. 19, No 3. P. 185-191.
3. Rogovskii I. Choice of model class and method of modeling the resilience of agricultural machinery. TEKA. Lublin–Rzeszów. 2017. Vol. 17, No 3. P. 101-114.
4. Rogovskii I. L. Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 3. P. 181-187.
5. Rogovskii I. L. Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 4. P. 145-150.
6. Rogovskii I.L., Melnyk V.I. (2016). Model of parametric synthesis rehabilitation agricultural machines. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. Vol. 241, 387-395.



УДК 004.891.2

## ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ДОВІДКОВОЇ СИСТЕМИ АГРОНОМА ДЛЯ РОСЛИНИЦТВА НА ПРИКЛАДІ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА

Лубко Д.В.<sup>1</sup>, к.т.н.

Зінов'єва О.Г.<sup>1</sup>, ст. викл.

Шаров С.В.<sup>2</sup>, к.п.н.

<sup>1</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

<sup>2</sup>Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

**Постановка проблеми.** Одним із найважливіших сегментів продовольчого ринку країни є ринок соняшника, функціонування якого обумовлено як загальними ринковими законами і закономірностями, так і його специфічними особливостями [1,2].

Соняшник – це доволі поширена технічна і сільськогосподарська культура, яка широко культивується на півдні України, також це основна олійна культура України. Охоплює близько 110 видів [1]. На соняшникову олію припадає 98% загального виробництва олії в Україні. Основні посіви соняшника як теплолюбної культури зосереджені переважно у південних областях України. Соняшник розповсюджений переважно в північних і центральних районах Степу. Його посіви займають понад 4,0 млн. га, що становить 64,7% площі всіх технічних і 15,7% площі усіх сільськогосподарських культур [2, 5].

Соняшник – високорентабельна та вигідна в економічному відношенні культура. Виробництво соняшника справляє суттєвий вплив на ефективність функціонування усієї галузі рослинництва. Висока закупівельна ціна на насіння цієї культури робить її економічно вигідною для вирощування, сприяє підйому економіки господарств. Попит на соняшник і соняшникову олію суттєво не зменшується при зростанні цін. Нині рівень використання біологічного потенціалу соняшнику є найменшим серед олійних культур і навіть не досягає 50%.

Ефективність функціонування олійно-жирового підкомплексу України значною мірою залежить від стабільного та ефективного виробництва соняшнику на сільськогосподарських підприємствах [3].

Зростання виробництва насіння соняшника передбачається на основі збільшення врожайності за умови впровадження прогресивних технологій вирощування цієї культури, використання нових

високоврожайних гібридів та застосування науково-обґрунтованих сівозмін.

**Основна матеріали досліджень.** Найважливішим фактором для збільшення виробництва соняшника є зростання його врожайності, а для цього ми пропонуємо розробити спеціалізовану інформаційно-довідкову (вона же експертна) програмну, локальну систему.

Передбачається інформаційно-довідкову систему розробити за допомогою продукційної моделі. Також система буде мати базу знань. А засобом реалізації буде об'єктно-орієнтована мова C#.

Ця розроблена інформаційно-довідкова система (ІДС), основана на експертній, дозволить швидко, якісно та без фінансових витрат на поради фахівців-експертів з соняшника збільшити врожайність соняшника на підставі точних агро рекомендацій з його вирощування.

В керуванні сільськогосподарським виробництвом, а також при прийнятті рішень в цій сфері, велике значення знаходять саме експертні системи. Експертна система – це інтелектуальна комп'ютерна програма, в якій використовуються знання та процедури логічного виводу для розв'язання досить важких, різнопланових завдань та задач [6-8]. Дані системи дозволяють отримувати розв'язок задач завдяки спеціальним базам знань, в яких містяться відомості тієї області, до якій належить задача. Бази знань складаються на основі знань спеціалістів. Таким чином, при роботі з експертними системами користувач може отримати відповідь на питання, яке його цікавить без допомоги спеціаліста [6-8].

Далі ми розглянемо процес розробки інформаційно-довідкової системи для агронома для ефективного вирощування соняшника в Україні. Дана система була розроблена за допомогою мови програмування C# в середовищі Visual Studio 2018.

Опишемо поетапно та покроково методологію проектування даної спеціалізованої інформаційно-довідкової системи.

### **1 етап. Аналіз предметної області проектування.**

Докладний розгляд предметної області проектування, а саме: визначаємо проблематику теми; актуальність теми; виконуємо аналіз останніх досліджень з теми інших вчених-дослідників; розглядаємо проблеми проектування.

### **2 етап. Аналіз ресурсів та цілей при проектуванні системи.**

Аналіз ресурсів при проектуванні системи, а саме: визначаємо спроможність фінансування та її джерело; визначаємо керівника теми та людей-виконавців; ставимо цілі, задачі та терміни виконання завдання.

### **3 етап. Виконання проектування технічного завдання системи.**

На руки програміст отримує технічне завдання від заказчика (господарства, підприємства, тощо) системи.

#### 4 етап. Визначення основних вхідних критеріїв (факторів) при проектуванні системи.

По нормам, довідникам та вимогам до вирощування соняшника визначаються основні критерії (фактори) для даної технології за технічним завданням господарства (дивись п. 3).

#### 5 етап. Опис предметної області проектування.

Предметна область системи, яка розробляється, описується діаграмою варіантів використання (прецедентів) (рис. 1).

Діаграми варіантів використання застосовуються для моделювання уявлення системи з точки зору варіантів використання.

Для опису взаємодії користувачів з нашою системою була побудована спрощена діаграма варіантів використання (рис. 1).

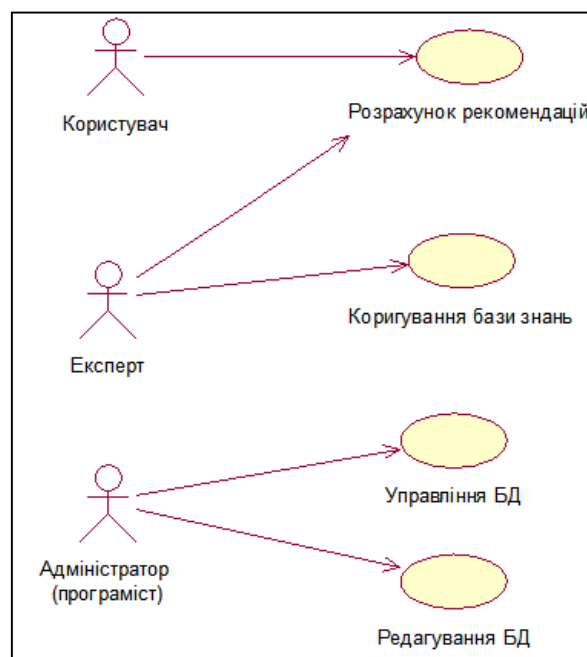


Рис. 1. Діаграма варіантів використання (спрощена)

Дана діаграма варіантів використання дозволяє побачити ролі кожного актора у системі.

З нашою системою можуть взаємодіяти три групи акторів:

- експерт – займається введенням знань в експертну систему, коригує базу знань;

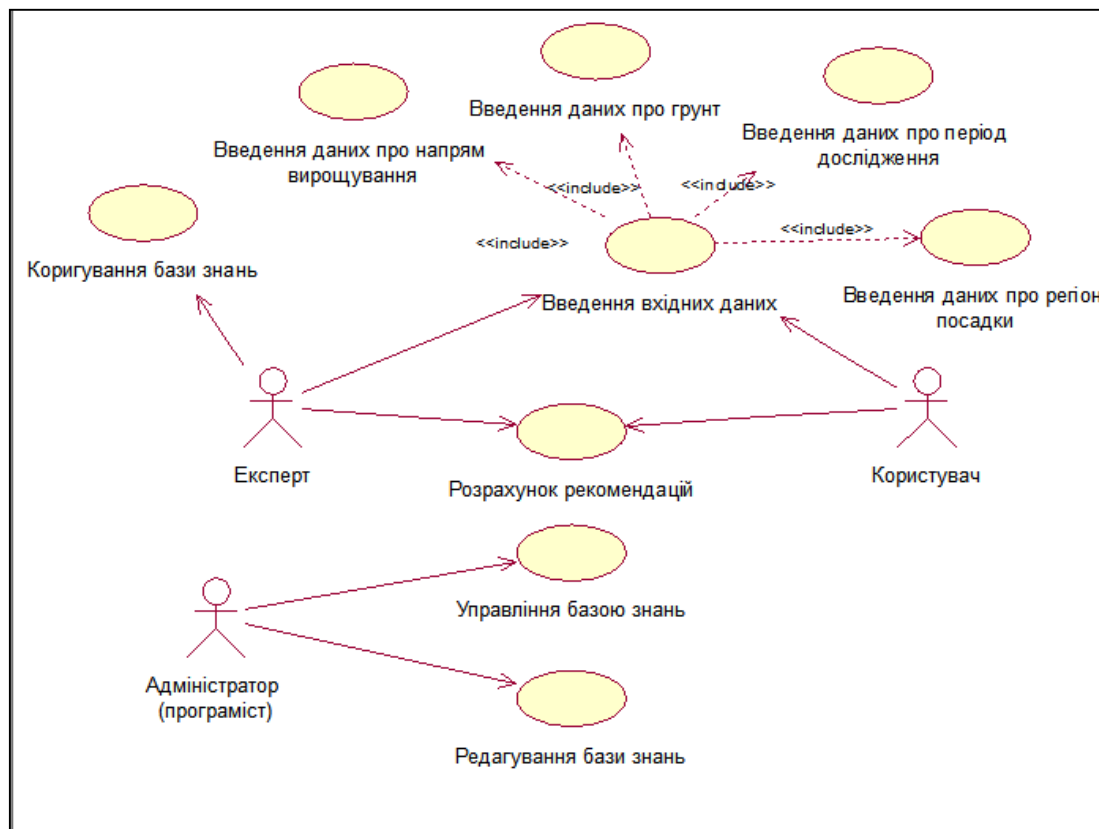
- користувач – отримує відповіді (рекомендації) від експертної системи.

- адміністратор (програміст) – має всі права, може здійснювати всі дії з базою даних (БД) та її об'єктами, управляє БД та редагує її;

Розгорнута діаграма варіантів використання (прецедентів) наведена на рисунку 2.

На даній діаграмі представлений актор – будь-яка сутність, яка взаємодіє з системою зовні, а також всі можливі дії, що реєструються у експертній системі.

Для даної експертної системи варіантами використання вхідні та вихідні данні.



**Рис. 2. Діаграма варіантів використання (прецедентів)**

*Блок вхідних даних має наступні елементи:*

А. Напрямок вирощування: соняшникова олія; насіння соняшнику; біопаливо.

Б. Грунт: чорнозем; піщаний; степний.

В. Вид: сорт; гібрид.

Г. Період дозрівання: ранньостиглі; середньоранні; середньостиглі; середньопізні.

Д. Регіон висаджування: південь; північ; схід; захід.

*Блок вихідних факторів має відповідні вікна, куди виводяться відповідні до агротехнології рекомендації, а саме: рекомендована сівозміна; рекомендовані добрива; рекомендований полив; заходи щодо захисту сходів соняшника; передбачена врожайність соняшника; рекомендовані сорти та гібриди.*

**6 етап. Проектування функціональної моделі IDEF0 системи.**

Процес проектування інформаційної системи (розробленої ЕС) може бути представлений діаграмою функціонального моделювання IDEF0 (рис. 3).

Дана система розроблена для того, щоб користувач зміг визначити, яка з технологій є найбільш придатною для застосування в конкретному сільськогосподарському підприємстві. Відповідаючи на ряд простих запитань, користувач отримує рекомендації по вибору технології вирощування соняшника.

Однією з найважливіших задач при аналізі предметної області є визначення функцій системи.

На основі аналізу функціональної структури процесу вибору агротехнології вирощування соняшнику розроблена функціональна модель за методологією IDEF0. Контекстна діаграма функціональної моделі наведена на рисунку 3.

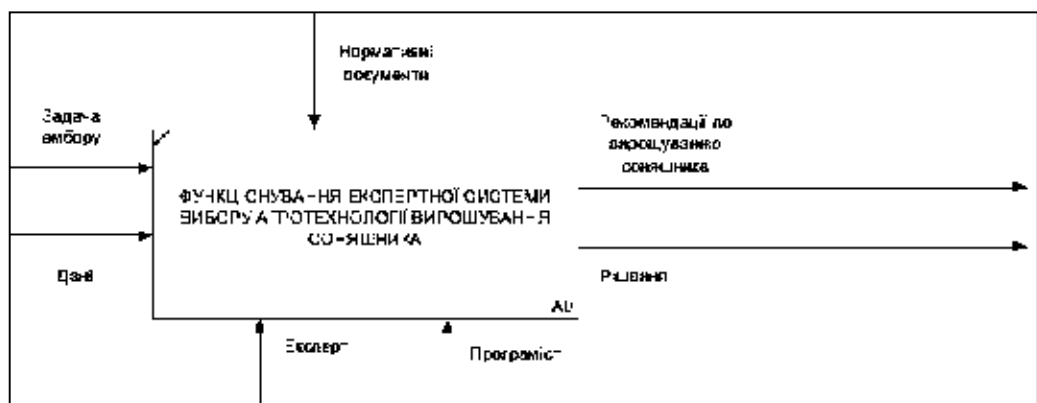


Рис. 3. Контекстна діаграма IDEF0 системи

Функціональна модель IDEF0 представляє собою структурне зображення функцій процесу проектування інформаційної системи. Вхідною інформацією для системи є технічне завдання на розробку експертної системи. В якості керуючої інформації в системі пропонується використовувати нормативно-технічні документи (галузеві стандарти, положення, акти).

Основним результатом процесу проектування є сама ІДС (на основі експертної) на прикладі вирощування соняшника. Механізмом для здійснення функцій проектування виступають спеціалісти та програмні продукти. На діаграмі другого рівня (рис. 4) представлена декомпозиція контекстної діаграми, що включає функціональні блоки, в яких відображена методична база, на основі якої виконуються задачі проектування експертної системи.

#### 7 етап. Виконання декомпозиції діаграми IDEF0.

Декомпозиція контекстної діаграми необхідна для того, щоб встановити основні етапи проектування експертної системи.

Вхідною інформацією для функціонування даної системи є задача вибору та дані для вирішення задачі. Робота з системою виконується



експертами та користувачами. Експерт в області технології вирощування соняшника аналізує факти, формує ряд питань, за якими буде сформована база знань. Вихідною інформацією є видача рекомендацій для користувача.

При більш детальному розгляді основної задачі експертної системи про вибір агротехнології вирощування соняшника, виділені наступні підзадачі:

- вибір напрямку вирощування;
- вибір ґрунту;
- вибір періоду дослідження;
- вибір регіону посадки.

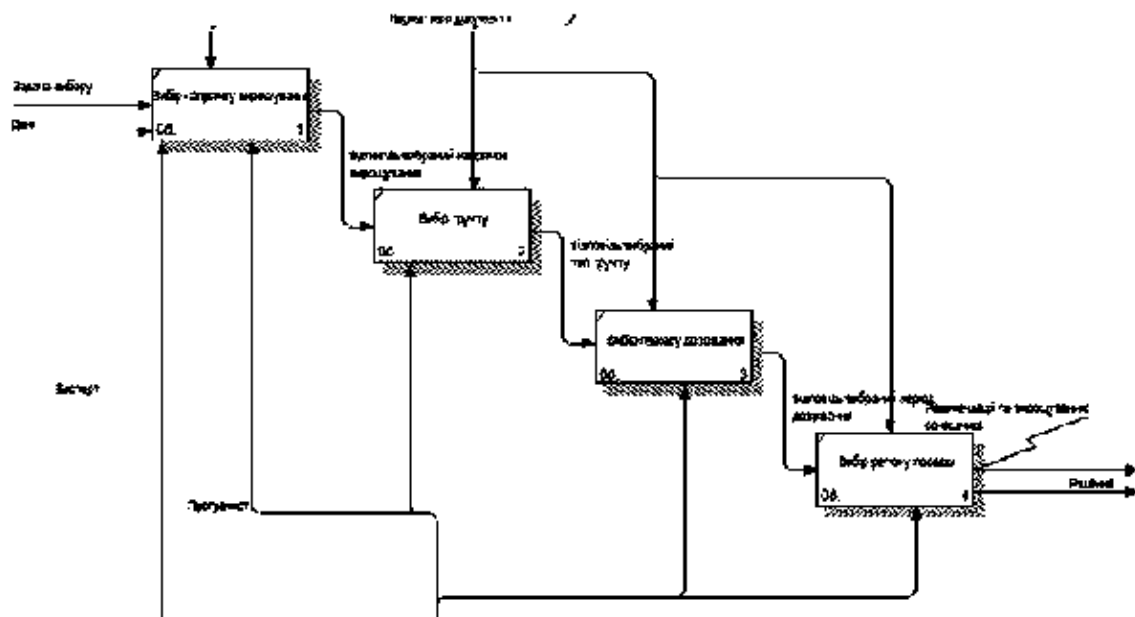


Рис. 4. Декомпозиція діаграми IDEF0 системи

#### 8 етап. Визначення найбільш вагових вхідних факторів системи.

Для кожного з вхідних критеріїв (факторів) визначаються найбільш вагомі фактори, які впливають на процес вирощування соняшника.

#### 9 етап. Визначення основних продукційних правил системи.

Визначаються основні продукційні правила, за якими буде проводитися програмування системи, а саме модулю логічної обробки знань, для даної технології. Це і є вхідними параметрами (факторами) при проектуванні експертної системи.

*Продукційні правила для даної ЕС наступні:*

Правило №1: якщо брати напрямок вирощування, то вказати, який саме напрямок: соняшникова олія, насіння соняшнику, біопаливо;

Правило №2: якщо висаджувати культуру у ґрунті певного типу, то вказати в якому самому ґрунті: у чорноземі; у піщаному; у степному;

Правило №3: якщо висаджувати певний вид культури, то вказати який саме: сорт чи гібрид;

Правило №4: якщо висаджувати сорти та гібриди культури з певним часом дозрівання, то вказати, якого саме часу: ранньостиглі; середньорані; середньостиглі; середньопізні;

Правило №5: якщо висаджувати сорти культури в певному регіоні, то вказати, якого саме: південь; північ; схід; захід.

#### **10 етап. Визначення основних вихідних даних системи.**

Визначаються основні вихідні дані системи, тобто що саме буде бачити користувач на виході після роботи системи: які рекомендації, поради, довідки, тощо.

Вихідними правилами (факторами або рекомендаціями) для даної експертної системи, яка розробляється, будуть наступні:

Рекомендація №1: рекомендовані сорти та гібриди соняшника;

Рекомендація №2: передбачена врожайність соняшника;

Рекомендація №3: заходи щодо захисту сходів соняшника;

Рекомендація №4: рекомендований полив соняшника;

Рекомендація №5: рекомендовані добрива соняшника;

Рекомендація №6: рекомендована сівозміна для соняшника.

#### **11 етап. Проектування інтерфейсу системи.**

Виконується проектування інтерфейсу користувача згідно поставленого технічного завдання на розробку системи. Визначається місце розташування основних елементів меню, кнопок, вікон, тощо.

#### **12 етап. Врахування додаткових вимог до системи.**

Додатково (за необхідністю або за вимогою заказчика) на формі експертної системи проектуються додаткові кнопки або вікна для більш зручного її використання. Наприклад – кнопки очищення вікон, кнопка зберігання рекомендацій у окремий текстовий файл, кнопка виходу з системи, тощо.

#### **13 етап. Проектування самої системи (етап кодування).**

Програміст системи виконує розробку системи на мові програмування C# за допомоги середовища Visual Studio 2018.

Для даної системи у відповідності зі всіма попередніми етапами проектування було спроектовано та розроблено ІДС для рослинництва на прикладі вирощування соняшника.

Вся головна форма (WindowsFormsApplication1) розробленого проекту складається з декількох базових блоків, а саме (рис. 5):

- 1) блок вхідних параметрів (зверху форми);
- 2) керуючі кнопки (посередині форми);
- 3) блок вихідних факторів (знизу форми).

#### **14 етап. Тестування системи.**

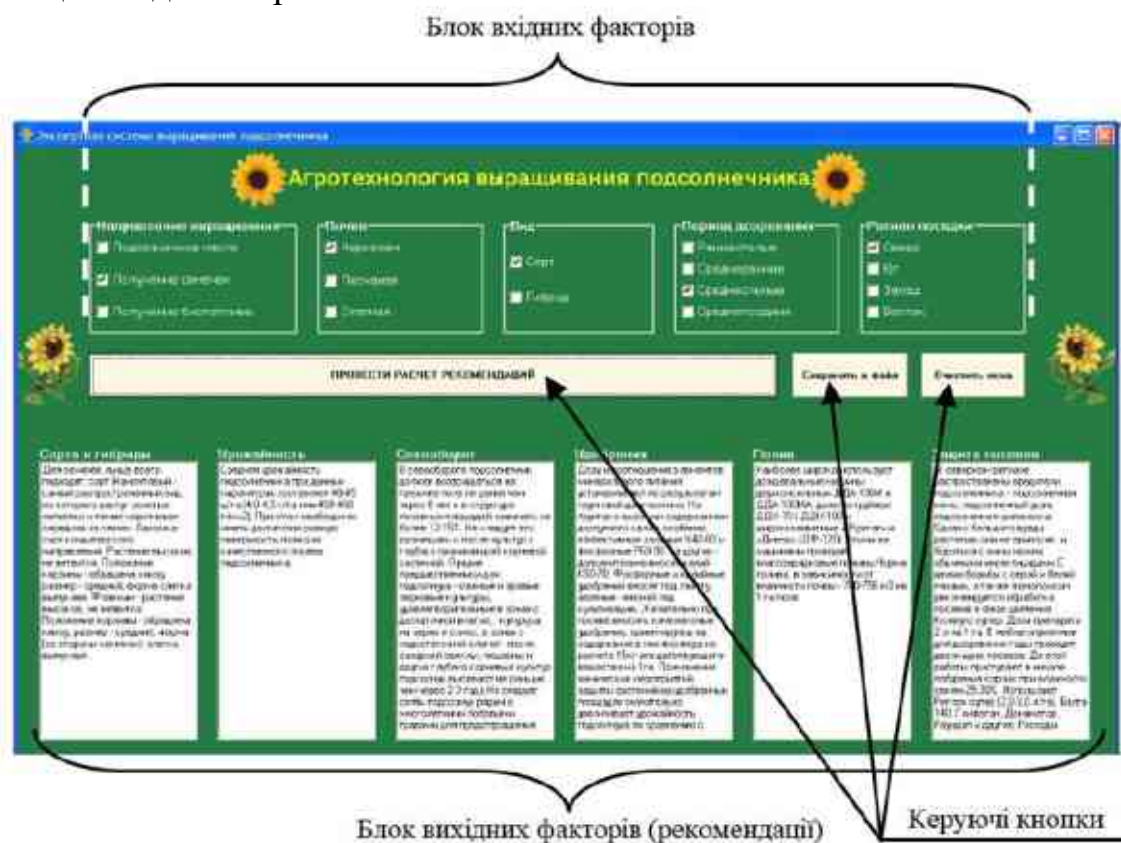
Зазвичай проводять тестування зробленої системи експертом, користувачами та заказником. У разі потреби виконується доведення та редагування інтерфейсу або коду до виконання всіх вимог.

**15 етап. Завершення проектування системи та надання замовнику.**

Завершення проектування та прийняття готової розробленої системи замовником від програміста та її виправлення у роботу та користування.

**16 етап. Супроводження системи (за вимогою).**

За вимогою замовника може бути проведено етап супроводження розробленої системи експертом або програмістом (або обом зразу) для того щоб в подальшому проводити періодичне редагування системи у разі потреби. Зазвичай ця процедура оплачується окремо від всіх інших вищенаведених кроків.



**Рис. 5. Головна форма розробленої системи**

**Висновки.** Була розроблена інформаційно-довідкова система агронома, яка дозволила швидко, якісно та без фінансових витрат на поради фахівців-експертів з соняшника збільшити врожайність соняшника на підставі точних агро рекомендацій з його вирощування. Також це підвищує і якість отриманої продукції. Все це в свою чергу дозволить збільшити товарообіг та продаж продукції, зменшити витрати на агротехнологію при його вирощуванні, зберігати час агроному при виборі раціональних параметрів вирощування та збирання, що в свою чергу підвищить усі економічні показники певного приватного господарства та принесе йому значні прибутки.

На нашу думку, виробництво соняшнику в нашій країні є досить перспективним, але для подальшого його розвитку необхідно

враховувати певні особливості. Одним із шляхів підвищення ефективності виробництва соняшнику є впровадження сучасних технологій виробництва соняшнику й зокрема, велике значення має застосування ресурсозберігаючих технологій і на цій основі ріст урожайності. Впровадження у виробництво інтенсивних технологій сприятиме вищим темпам росту урожайності порівняно з темпами збільшення витрат, що дасть змогу знизити собівартість одиниці продукції.

Вважаємо, що для підвищення економічної ефективності виробництва та переробки насіння соняшнику є різнобічною проблемою. Її рішення вимагає тільки комплексного розв'язання економічних, організаційних і агротехнічних питань, які дозволять забезпечити суттєве зростання обсягу виробництва, підвищення якості насіння і, як наслідок, підвищення конкурентоспроможності.

### ***Список використаних джерел***

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Соняшник>.
2. Бахчиванжи Л.А., Дяченко Л.Е., Почколіна С.В. Сучасний стан і перспективи виробництва соняшника в Україні. Вісник соціально-економічних досліджень. №4, 2013. С. 9-14.
3. Ільчук М.М. Тенденції виробництва насіння соняшнику в Україні: проблеми та перспективи. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Економіка, аграрний менеджмент, бізнес. №181 (4), 2013. С. 187-193.
4. Кононенко В.А., Барбінягра О.М. Облік витрат та ефективність виробництва соняшнику в сільськогосподарських підприємствах. Молодий вчений. №7, 2016. С. 59-62.
5. Шовть Ю.Ю., Ільків Л.А. Формування ефективного виробництва соняшнику в Україні. Молодий вчений. №12 (2), 2015. С. 184-187.
6. Лубко Д.В. Шаров С.В. Розробка інтелектуальної інформаційної системи для птахівництва. Системи обробки інформації: Збірник наукових праць. Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. Вип. 4 (150). Харків. 2017. С. 170-174.
7. Лубко Д.В. Проектування довідкової інтелектуальної експертної системи. для вівчарства у приватних господарствах країни. Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology. 2017. Vol.5, №3. pp. 118.
8. Лубко Д.В., Зінов'єва О.Г., Шаров С.В. Проектування та розробка експертної системи діагностування несправностей транспортних засобів. Системи обробки інформації. Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. 2019. № 1(156). С. 15-21.

**УДК: 619:615.9:661.183****ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТРИВИМІРНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ НАНОСТРУКТУР**

Маніта І.Ю., ст. викл.

Болтянська Н.І., к.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

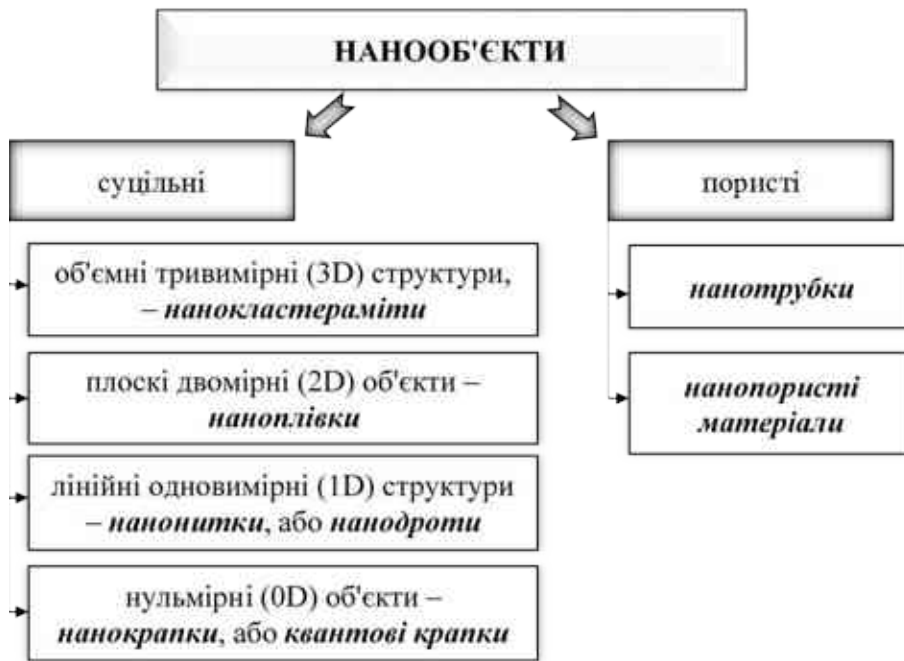
Успіхи у вивченні будови речовини розкрили перед дослідниками новий світ – світ найдрібніших частинок. В останні десятиліття в науковій лексиці з'являється ряд нових слів з префіксом «нано»: наноструктура, нанотехнологія, наноматеріал, і т. п. У більшості випадків нові назви дано давно відомим об'єктам і явищам. Але є об'єкти, яких практично не було в арсеналі дослідників і без яких сьогодні вже неможливо уявити сучасний розвиток. Такі об'єкти називають наносвітом, на відміну від світу великих тіл, наносвіт недоступний безпосередньому спостереженню, і для вивчення його потрібні особливі, тонкі методи [1-3].

Однак справжній перехід до використання наночасток стався не раніше початку двадцятого століття. Це пов'язано з тим, що вчені ще не могли спостерігати частинки такого розміру, так як вони лежать нижче меж можливості розв'язання світлового мікроскопа. Вперше об'єкти наносвіту виявили в 1931 році німецькі фізики Макс Кнолл і Ернст Руска – творці першого електронного мікроскопа. Тільки після цього людство змогло приступити до вивчення об'єктів мікронних і нанометрових розмірів [4,5].

Після відкриття наносвіту вчені встановили, що молекули в природі можуть дуже сильно відрізнятися один від одного, що і забезпечує таке розмаїття матерії в світі. Прості молекули складаються з двох-трьох атомів, однак, існують і такі, які мають в своєму складі тисячі атомів, з'єднаних один з одним в складній послідовності (наприклад, молекула каучуку складається приблизно з 75 тисяч атомів вуглецю і 100 000 атомів водню). Форма молекул може бути так само найрізноманітнішою: одні з них представляють собою довгі нитки, інші – закручені спіралі, а треті згорнуті в клубочок, що нагадує футбольний м'яч [5,6]. Існує багато різних способів класифікації нанооб'єктів. В.В. Єр'омін класифікує нанооб'єкти підрозділяючи на два великі класи – суцільні («зовнішні») і пористі («внутрішні») (рис. 1.) [7].

Одні з найбільш активно досліджуваних структур – нанокластери. Вони складаються з атомів металів або відносно простих молекул. Серед інших нанооб'єктів найбільш повно вивчені нанотрубки. Так називають протяжні циліндричні структури, що мають розміри кількох нанометрів.





**Рис. 1 Класифікація нанооб'єктів**

Прикладом одновимірних нанооб'єктів служать нанонитки, або нанодроти – протяжні наноструктури з перетином менше 10 нм. Прикладом двовимірних нанооб'єктів служать наноплівки. Завдяки дуже малій товщині (всього в одну або дві молекули) вони пропускають світло і непомітні для ока. Якщо в наночастинок спостерігається яскраво виражене упорядковане розташування атомів (або іонів), то такі наночастинки називають нанокристалітами. Поодинокі нанокристали напівпровідників розміром до 10-50 нм називають квантовими точками. Їх вважають нульмірними нанооб'єктами. Такі нанооб'єкти містять від ста до ста тисяч атомів. Як правило, наночастинки мають сфероїдальну форму [8,9].

Складність проведення фізичного експерименту з нанорозмірними об'єктами визначається наступними факторами:

- Колосальна різниця в масштабах між об'єктами звичного світу і об'єктами атомарного масштабу робить надзвичайно скрутними експериментальні дослідження в області нанооб'єктів. Інформація, що отримується в експериментах з атомарним дозволом має все більш непрямий характер, а самі експерименти часто не дозволяють отримати достатню кількість інформації про складні нанорозмірні системи, що складаються з великої кількості різних частин, що взаємодіють один з одним складним чином.

- Складність з тимчасовим дозволом експериментів. Процеси, що відбуваються на рівні нанооб'єктів, зазвичай мають характерні часи від фемтосекунд до наносекунд. Детальне стеження за процесами, що протікають за такі часи, зазвичай неможливо в силу того, що експериментальні пристрої так само складаються з атомів і молекул, і їх тимчасовий дозвіл обмежено тими ж тимчасовими масштабами.

- Інтерпретація експериментальних результатів. Наноструктури відносяться до «проміжного» діапазону розмірів, на якому визначальне значення має атомарна структура об'єктів, але самі об'єкти вже складаються з великої кількості атомів. Цей фактор часто не дозволяє добре зрозуміти поведінку наноструктур, ускладнюючи побудова простих феноменологічних моделей.

Як зазначається, коли постановка прямого експерименту або розробка простої моделі скрутна або неможлива (астрофізика, дослідження процесів в надрах планет при надвисоких температурах і тисках), незамінним методом дослідження і проектування є комп'ютерне моделювання. При цьому замість інформативних високорівневих феноменологічних моделей, розроблених під конкретну задачу, використовуються більш універсальні принципи (наприклад, фундаментальні закони квантової механіки). За рахунок цього складність завдання дуже зростає, проте, перевага обчислювальної потужності комп'ютерів над можливостями людини часто дозволяє вирішити завдання, принципово нерозв'язні на аналітичному рівні.

Детальне моделювання атомарної структури і еволюції нанооб'єктів дозволяє досліднику простежити практично за всіма аспектами поведінки модельної системи з будь-яким потрібним йому просторовим і тимчасовим дозволом (за умови наявності достатніх обчислювальних ресурсів) – від макроскопічних параметрів на кшталт загальної форми частинки і до локальних характеристик окремих атомів. При цьому той факт, що моделювання ґрунтується на базових фізичних законах, дозволяє виявити нові особливості поведінки модельної системи, які, по самій побудові, в високорівневих теоріях повинні вводитися на основі вже наявних знань. В цьому відношенні моделювання вельми схоже з реальним фізичним експериментом, і в багатьох випадках дослідник, який проводить моделювання на комп'ютері, відчуває себе подібно експериментатору, що працює зі складним вимірювальним приладом. Крім того, комп'ютерне моделювання виявляється незамінним інструментом при вирішенні «інженерних» завдань, метою яких є оптимізація тих чи інших наноструктур і наноматеріалів під заданий додаток. При цьому велику вигоду можна отримати за допомогою «віртуального прототипування», розраховуючи характеристики об'єктів-кандидатів без необхідності їх реального синтезу, що часом є занадто дорогим завданням, щоб відбір можна було зробити на підставі реальних вимірів. Таким чином, найзручнішим способом зрозуміти, що відбувається на рівнях нанорозмірних об'єктів, вважається наукова і науково-популярна візуалізація процесів, що відбуваються на цих рівнях. Завдяки динамічній, тривимірній і інтерактивній візуалізації стає легше працювати з інформацією, одержуваною про об'єкт наносвіту. Моделювання таких складних об'єктів необхідно вченим для повного дослідження властивостей таких об'єктів.

Саме тому дуже ефективним способом дослідження, моделювання і демонстрації процесів в наносвіті є тривимірна комп'ютерна візуалізація. Іншими словами, це створення віртуальних наносвітів, які в точності повторюють всі відомі людині фізичні процеси, але в штучному комп'ютерному середовищі. Об'єкти наносвіту ідеальні для моделювання та їх візуалізації за допомогою графічних програм. Графічна інтерпретація наноструктур складається з ряду операцій, які можуть проводитися в двох незалежних напрямках. Перше – це художній напрям, що включає обробку фотографій в середовищі двовимірного реєстрового або векторного графічного редакторів для візуалізації наносвіту та подання художніх композицій на його основі.

Другим напрямком є тонке технічне дослідження по створенню тривимірних образів на основі ряду послідовних двовимірних зображень наноструктур. Де в результаті формується твердотільний образ елементів, що входять до складу наноструктур, в середовищі стандартного графічного тривимірного редактора, за допомогою якого здійснюється процес моделювання. Тривимірне представлення об'єктів розширює можливості матеріалознавчого аналізу. Для підвищення достовірності результатів проводиться зіставлення отриманих тривимірних образів з інформацією про ті самі наноструктури, отримані іншими, наприклад, контактними методами.

Моделювання дозволяє в найдрібніших деталях передбачити і простежити за атомарною структурою і динамікою наночастинок і наноматеріалів, досліджувати процеси хімічного каталізу на нанорівні, вивчати електронну структуру і транспортні властивості молекулярних електронних пристроїв. Фактично, на сьогоднішній день, саме нанотехнології і суміжні області є основними споживачами машинного часу у всіх світових суперкомп'ютерних центрах широкої спеціалізації.

Доступність обчислювальної техніки петафлопсного масштабу поступово дозволяє дослідникам переходити від моделювання «по аналогії» на прикладах простих модельних систем до цілком реалістичних розрахунків на розмірних і часових масштабах, які дійсно мають значення при роботі з моделями нанооб'єктів. З іншого боку, велика важливість методів комп'ютерного моделювання стимулює надзвичайно активну розробку нових паралельних обчислювальних алгоритмів, необхідних для використання таких великих потужностей.

За останні 15 років програмне забезпечення помітно еволюціонувало в плані потужності і простоти звернення, графічний інтерфейс став наближений до користувача. Якщо раніше чисельне моделювання було неможливе без залучення професійних обчислювачів і програмістів, то пакети, які з'явилися зараз дозволяють вченим самостійно будувати комп'ютерні моделі. До цього варто додати створення потужних засобів візуалізації. Сучасна комп'ютерна графіка і анімація дозволя-

ють розрахувати і намалювати на екрані монітора сцени з життя наносвіту. Застосування методів комп'ютерного моделювання наночастинок зарекомендувало себе як найважливіший дослідний інструмент наносвіту. Комп'ютерні моделі нанооб'єктів простіше і зручніше досліджувати, коли реальні експерименти утруднені через фізичних перешкод.

### *Список використаних джерел*

1. Болтянська Н.І. Підвищення довговічності вузлів тертя мобільної сільськогосподарської техніки застосуванням нанотехнологій. Вісник ХНТУСГ. 2012. Вип.128. С. 132-137.

2. Болтянський О.В. Використання нанотехнологій при безрозбірному сервісі автотракторної техніки. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.2. С. 97-102.

3. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production". 2019. Uman. 18-20.

4. Boltyanska N. I. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.

5. Boltyanskaya N.I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.

6. Boltyanskaya N.I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.

7. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N., Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.

8. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158.

9. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll. scientific-works of Intern. Research Practice Conf. "Topical issues of development of agrarian science in Ukraine". Nizhin, 2019. Pp. 84–91.

10. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. МИНСК: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 631.23:628.8

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ДЛЯ ТЕПЛИЦ, СУШИЛЬНЫХ И МОРОЗИЛЬНЫХ КАМЕР

Кулаковский Д.А.<sup>1</sup>, ст. преп.,  
Тюнина Е.А.<sup>1</sup>, ст. преп.,  
Татарчук О.Е.<sup>2</sup>, инж.

<sup>1</sup> УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup> ООО «Светорезерв», г. Минск, Республика Беларусь

Основной проблемой для построения интеллектуальных систем управления технологическими процессами в АПК является усложнение самой системы, за счет применяемого оборудования, а также стоимость данного оборудования.

Авторами предложено решение для сушильных камер, теплиц, климатических систем, морозильных камер и т.д. на базе реле контроля температуры и влажности и многофункционального реле времени.

Система управления технологическим процессом для сушильных камер, теплиц, климатических систем, морозильных камер и т.д. работает по заданной пользователем программе: исполнение температурного режима (нагрев, охлаждение); исполнение режима влажности (увлажнение, сушка); исполнение режимов обдува; исполнения режима замены воздуха.

Предусмотрены взаимные блокировки и светосигнальная индикация режимов работы, настраиваемые аварийные пороги срабатывания по температуре и влажности. На рис. 1 представлена структурная схема системы управления технологическими процессами для теплиц, сушильных и морозильных камер.

Основными элементами системы являются:

- модуль измерения температуры и влажности (А1);
- реле контроля температуры и влажности (А2);
- многофункциональное реле времени (А3, А4).

Принцип работы системы управления заключается в следующем: устройства А1, А2 обеспечивают поддержание температуры и влажности в заданных пределах, управляя работой охладителя 7, нагревателя 9 и увлажнителя 8. Устройства А3, А4 обеспечивают режимы вентиляции и обдува, управляя двигателем 6 и заслонками 1-5.

Технические характеристики системы управления технологическими процессами для теплиц, сушильных и морозильных камер представлены в таблице 1.



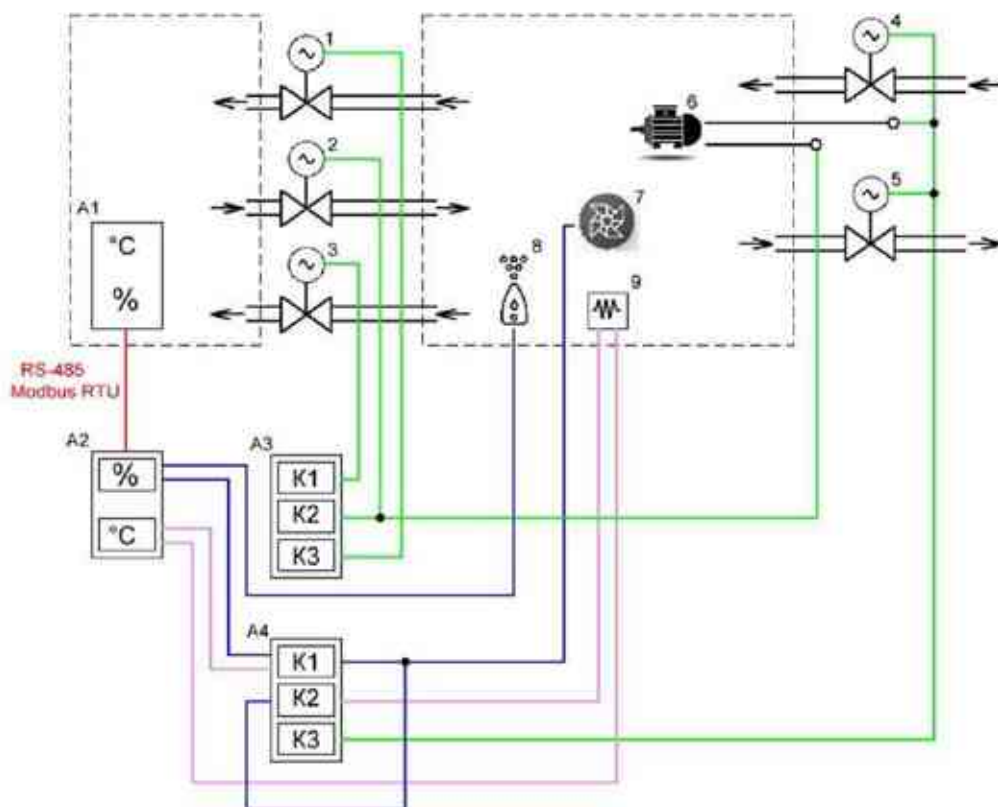


Рис. 1. Структурная схема системы управления

Таблица 1.

Технические характеристики

№	Параметр	Значение
1	Диапазон измеряемых температур	-30 +70°C
2	Гистерезис	1-20°C
3	Диапазон измеряемой влажности	0-100% RH
4	Гистерезис	2-20% RH
5	Погрешность измерения температуры	±1°C
6	Погрешность измерения влажности	±4,5% (0-80% RH)
		±6,0% (80-100% RH)
7	Суммарная потребляемая мощность	не более 8W
8	Количество подключаемых модулей измерения температуры и влажности	до 10 шт

Преимуществами предлагаемой системы являются:

- невысокая стоимость системы;
- универсальность применения (сушильные камеры, теплицы, климатические системы, холодильные камеры и т.д.);
- простота задания режимов работы.

Данная система успешно прошла испытания и реализована на некоторых предприятиях мясомолочного комплекса и деревообработки Республики Беларусь.

**Список литературы**

1. Каталог электротехнической продукции 2019 г., изд. СООО Евроравтоматика ФиФ, г. Лида, РБ, 2020г.

УДК 004:668.1

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Сырокваш Н.А., *ст. преп.*,

Клинцова В.Ф., *ст. преп.*

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

В нынешних условиях совершенно очевидно, что для того, чтобы предприятие смогло не только выжить, но и динамично развиваться, требуются верные, своевременные и дальновидные управленческие решения.

Программные продукты, обеспечивающие поддержку стратегических решений принимаемых руководством предприятий, нацелены на решение трех основных задач: анализ внешнего окружения; оценка положения предприятия на рынке; оценка альтернатив [1].

Поэтому единственной возможностью, самостоятельно, провести анализ производственно-хозяйственной деятельности своего предприятия, рассчитать и проанализировать инвестиционный проект, разработать стратегический план развития, с помощью собственных специалистов, является их обучение современным методам анализа и планирования и использование специальных компьютерных программ, которые в той или иной степени помогают решить поставленные задачи. Основные требования, которые предъявляются к компьютерным программам такого класса:

- проводить ретроспективный анализ финансово-хозяйственной деятельности с целью определения наиболее слабых мест в деятельности различных подразделений предприятия;

- проводить расчет и всесторонний анализ бизнес-плана инвестиционного проекта;

- подготавливать технико-экономическое обоснование кредита, в случае привлечения внешних источников финансирования;

- оценивать влияние внешних факторов и внутренних параметров на общую эффективность проекта;

- проводить сравнительную оценку для отбора наиболее перспективного варианта проекта;

- быстро выполнять все рутинные вычислительные операции;

- на основании расчета и анализа подготавливать документацию по проекту для представления ее потенциальному инвестору или кредитору [2].

Современные информационные технологии позволяют не только посчитать по вложенным формулам основные показатели плана-прогноза и построить графики (т.е. облегчить выполнение требуемых процедур), но и сделать то, что без компьютера выполнить практически невозможно: рассчитать варианты и ответить на вопрос «что, если?». Для этого применяются динамические методы расчета на основе встроенных в компьютерные программы имитационных моделей, а также анализ чувствительности к вариациям различных показателей. Для использования имитационного моделирования нужно описать на языке программы все существенные особенности того сценария, который предполагается реализовать на практике. Регулируя параметры, мы можем наблюдать, к каким последствиям приводят наши решения или, не зависящие от нашей воли, изменения внешних факторов. При этом мы ничем не рискуем, делая столько дублей, сколько потребуется, чтобы убедиться, что выбранное решение приведет к ожидаемому результату при заданном наборе параметров. Кроме этого итог различных вариантов завершения получается за считанные секунды, тогда как ручные вычисления редко обходятся без ошибок, долговременны и трудоемки.

Несмотря на такие преимущества статических методов, как простота и наглядность использования, их применение для оценки инвестиционных проектов в сложных условиях экономики переходного периода, характеризующихся высокой инфляцией, структурными изменениями в ценообразовании и проблемами взаимных неплатежей затруднено. Необходимость учета влияния множества динамически изменяемых во времени факторов ограничивает применение статических методов и может быть рекомендовано только для проведения грубых, предварительных расчетов, с целью ориентировочной оценки эффективности проекта.

Использование же имитационных моделей в процессе разработки и анализа эффективности проекта является очень сильным и действенным средством убеждения инвестора, позволяющим через наглядное описание чисто управленческого решения (например, снижение цены продукции на 3-5 %) практически мгновенно получить финансовый результат.

Можно выделить два способа влияния информационных технологий на деятельность организаций: применение методов информационных технологий для анализа и конструирования бизнес-процессов, например, объектно-ориентированное моделирование; появление новых бизнес-процессов, позволивших коренным образом изменить базовые правила работы организаций.

Опыт применения информационных технологий в анализе, планировании и прогнозировании деятельности предприятий показывает, что их применение на всех этапах разработки, анализа и реализации управленческих решений позволяет сделать «прозрачным» процесс принятия

решений в області управління фінансовими ресурсами, підвищить якість рішень і ефективність використання інвестицій.

У керівників існує потреба, не виробляючи реальних витрат, оцінити і проаналізувати наслідки і результати плануваних рішень. Тому використання програмних продуктів, що дозволяють оптимізувати трудомісткий процес аналізу і планування виробничо-господарської діяльності в сучасних умовах набуває все більшу актуальність. Вони є потужним засобом моделювання, з допомогою якого фінансовий менеджер може побачити свою компанію саме в тій проекції, яка необхідна для прийняття єдиного правильного рішення.

Для спрощення процедури аналізу виробничо-господарської діяльності, а також процесу прийняття тактичних і стратегічних управлінських рішень існує кілька типів програмного забезпечення. Це всі можливі шаблони, призначені для правильного оформлення документів, програми оцінки поточного фінансового стану компанії і програми інвестиційного аналізу, що моделюють розвиток проекту.

В даний час на вітчизняному ринку представлено ряд програмних продуктів, що дозволяють оцінити привабливість інвестиційного проекту, вибрати з множини проектів найбільш ефективні і правильно розпорядитися грошима. Функціональні можливості і структура цих програмних продуктів дозволяють проводити детальний аналіз інвестиційного проекту, поточного і прогнозованого фінансового стану підприємства. Врахування багатьох факторів, а також швидкість розрахунків дають можливість робити більш глибокі висновки за результатами економічного аналізу інвестиційного проекту і приймати більш обґрунтовані стратегічні рішення.

Найбільш популярними програмними продуктами, отримавшими визнання на російському і білоруському ринку і стабільно розвиваючись уже кілька років, є: 1С: Підприємство (фірма «1С»), Галактика (корпорація «Галактика»), «Альт-Фінанси» (ІКФ «Альт»), Project Expert (компанія «Про-Інвест-ІТ») і др.

Наше століття вимагає від підприємств вийти за межі відомих схем трансформацій і почати перебудовуватися, використовуючи нові можливості, надавані інформаційними технологіями. Мета при цьому — не обмежити витрати, а коренним чином змінити ставлення до нововведень, зробити підприємство «відгукливим», стратегічні рішення більш обґрунтованими, а, відповідно, оптимізувати процес аналізу і планування, т. к. ні мир, ні економіка, ні правила гри в бізнесі не стоять на місці/

**Список літератури**

1. Сырокваш, Н.А. Информационные технологии как средство управления производством Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК: сборник научных статей 8-й международной конференции. Минск, 26-27 мая 2016 г./ редкол.: Г.И. Гануш [и др.]. Минск: БГАТУ, 2016. 392 с. С. 269-272

2. Сырокваш, Н.А. Теселкин, А. И. Инновационное и инвестиционное направление развития промышленных организаций Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК: сборник научных статей X Международной научно-практической конференции (Минск, 24-25 мая 2018 г.) / редкол.: Г.И. Гануш [и др.]. Минск: БГАТУ, 2018. С. 322-326.



## **СЕКЦІЯ 4. НОВАЦІЇ У ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ**

---

УДК 631.3–192:662.63

### **ДІАГНОСТУВАННІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ ШЛЯХОМ КОНТРОЛЮ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗМАЩУВАЛЬНИХ ОЛИВ**

Журавель Д.П., д.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

По зміні хімотологічних показників працюючих олиव можна діагностувати технічний стан окремих вузлів і агрегатів мобільних енергетичних засобів. Основна мета діагностування - попередження відмов в процесі експлуатації. Окремі хімотологічні показники працюючої оливи можуть служити діагностичним параметром, за яким без розбирання агрегату можна оцінити не тільки справність об'єкта в момент діагностування, але і можливість подальшого безвідмовного його використання протягом певного періоду [1-5].

Для діагностування стану окремих вузлів і агрегатів відбирають пробу оливи в кількості 0,3 ... 0,5 л. Олива в дизельному двигуні повинна пропрацювати не менше 100 ... 150 год. Відібрану пробу ретельно перемішують і проводять аналіз окремих хімотологічних показників. Для діагностики двигуна рекомендується в оливах визначити кінематичну в'язкість, температуру спалаху, лужне та кислотне числа, вміст води і забруднень, щільність, колір оливи та ін. Комплексний аналіз результатів даних показників дозволяє провести діагностику стану двигуна з малими трудовитратами і певною вірогідністю.

При встановленні граничних показників в'язкості оливи, яка не пропрацювала свій гарантійний термін експлуатації, потрібно визначення часу заміни оливи і встановлення причин, що викликали прискорену зміну в'язкості. Істотно знижують в'язкість оливи неправильне регулювання паливної апаратури, поганий стан циліндро-поршневої групи, недостатньо гарне сумішоутворення і важкий фракційний склад паливних. При цьому в оливу потрапляють не тільки продукти неповного згоряння, але й сконденсоване пальне. Зменшення в'язкості внаслідок розрідження оливи паливом може спостерігатися і при несприятливих режимах експлуатації: тривала робота на режимах холостого ходу, періодична короткочасна робота з малими навантаженнями і частими зупинками при недостатньому прогріві оливи [6-10].

Для загущених олив зменшення в'язкості може бути обумовлено механічною, термічною або термоокислювальною деструкцією в'язкісних полімерних присадок. Зниження в'язкості через деструкцію в'язкісних присадок зазвичай спостерігається в початковий період роботи оливи після зміни. У подальшому в'язкість зростає в результаті випаровування легких фракцій, накопичення продуктів окислення і полімеризації, а також нерозчинних продуктів. Якщо виявлено прискорене зростання в'язкості, то це свідчить про несправність окремих вузлів і систем двигуна.

Так збільшення в'язкості через накопичення часток металу і пилу може бути обумовлено несправностями оливоочисних агрегатів або системи очищення повітря. Прискорене зростання в'язкості оливи може бути викликане і накопиченням у ній розчинних продуктів окислення через спрацювання антиокислювальних присадок. Причинами можуть бути несприятливі режими експлуатації (перегрів двигуна), а також несправності циліндро-поршневої групи, прорив в картер вихлопних газів.

З практики експлуатації відомо, що кожен тракторист або водій щодня оцінює роботу машини і якість оливи насамперед по тиску її в системі. Якщо відбулося різке падіння тиску (протягом однієї-двох змін), то в даному випадку можна з певною часткою впевненості сказати про серйозні несправності машини і про необхідність усунення дефекту в роботі паливної системи. Підтвердженням правильності діагнозу в даному випадку можуть стати оцінка в'язкості оливи і температури спалаху.

Температура спалаху оливи є показником наявності в ній фракцій дистилатів паливних. Вона змінюється при попаданні в неї незгорілого пального, витоків пального в результаті несправності паливного насоса і форсунок, тривалій роботі на холостому ходу недостатньо прогрітого двигуна. Як критерій працездатності моторної оливи температура спалаху визначається для виявлення гранично-допустимого розрідження оливи паливним, так як не завжди можна визначити розрідження по нижній межі в'язкості. В'язкість є показником, взаємопов'язаним з температурою спалаху. Внаслідок окислення і забруднення оливи в'язкість зростає, і тим самим розрідження оливи паливним може приховуватися.

Для працюючих олив граничне значення температури спалаху складає 170...180 °С, а для високов'язких, з високою температурою спалаху, вважають граничним зниження температури спалаху на 40...50 °С. При попаданні в оливу 1% бензину температура спалаху знижується з 200 до 170 °С, а наявність в оливі 6% бензину знижує її майже в 2 рази. Розрідження оливи паливним викликає різке погіршення його протизносних властивостей, прискорює процеси нагаро- й лакоутворення на поршнях. Внаслідок попадання пального на стінки циліндрів через несправності в роботі форсунок виникає великий знос циліндрів

і поршневих кілець. При вмісті в оливі 4 і 8 % пального знос деталей циліндро-поршневої групи зростає відповідно на 25 і 50 %. Взаємопов'язаним показником з температурою спалаху є кислотне число.

Так як кислотність дизельних пальних значно вище кислотності дизельних олив, то при попаданні дизельного пального в оливу кислотність останнього зростає. Лужне число є умовною мірою здатності оливи нейтралізувати кислоти, що утворюються з продуктів згорання пального та окислення основи оливи. Лужність, обумовлена наявністю лужних присадок, витрачається на нейтралізацію кислот з різною швидкістю.

При регулярному доливанні на угар свіжої оливи лужне число зазвичай убуває досить повільно, а кислотне зростає за експоненціальним законом. Іноді зростання лужного числа обумовлюється значним випаровуванням основи оливи і концентрацією присадок в ній, що залишаються в картері. Межею працездатності олив дуже часто вважають рівність загального лужного числа загальному кислотному числу. Допустиме значення лужного числа обмежується 1,5...2,0 мг КОН/г, або 50 % лужного числа свіжої оливи. Експлуатація двигуна на оливі з лужним числом нижче граничного веде до прискореного зносу поршневих кілець і циліндрів, іноді спостерігається інтенсифікація лако- й нагароутворення. Низьке лужне число призводить до корозії і руйнування найбільш вразливих деталей двигуна, зокрема вкладишів підшипників колінчастого валу.

У довгостроково працюючій оливі спочатку введені присадки можуть бути повністю витрачені, наприклад, при нейтралізації карбонових кислот, проте їх солі (продукти нейтралізації) стають носіями лужності в працюючій оливі, а лужне число збільшується.

В цілому можна говорити про те, що різке зниження лужного числа або швидке зростання кислотного числа свідчить про технічні несправності двигуна, в першу чергу циліндро-поршневої групи (ЦПГ). У той же час швидкість зниження лужного числа залежить і від вмісту сірки в пальному. При збільшенні вмісту сірки в пальному 0,2...1% швидкість витрачання нейтралізуючої присадки зростає в 2 рази.

Сучасні моторні оливи, до яких відносяться М-10Г2К, М-8Г2К та інші, мають досить високий показник лужного числа - 7,5 мг КОН/г і більше. Разом з тим, у зв'язку з комерціалізацією величезної маси підприємств, що займаються фасуванням та торгівлею мастильними матеріалами, поки досить високий ризик придбання і використання неякісних олив. Такі оливи, як правило, ні за зовнішнім виглядом, ні за текучістю, ні за запахом не відрізняються від якісних. При заправці в двигун такої оливи, як правило, відразу сильно змінюється його колір в перші ж 5...10 годин роботи. Змінюється текучість (в'язкість) і, як наслідок, аварійний вихід з ладу двигуна. Виключити подібного роду ситуації можна тільки періодичним експрес-контролем лужного числа оливи.

Дуже важливо правильно оцінити цей показник при придбанні свіжої оливи.

Негативно позначається на процесі окислення оливи наявність води, пилу і продуктів зносу металевих деталей, які надають каталітичну дію на процес окислення оливи, прискорюючи його.

Вміст води служить показником попадання води з системи охолодження або заправки двигуна обводненою оливою. У працюючій оливі вміст води зазвичай більше, ніж у свіжій. Вода потрапляє в оливу в результаті конденсації її парів з повітря і газів, що прориваються в картер при температурі нижче точки роси. Обводненню оливи цим шляхом запобігти практично не можна. Його можна зменшити шляхом підтримання оптимальних температур оливи і охолоджуючої рідини і забезпечення необхідної примусової вентиляції картера.

Для справного двигуна вміст води в оливі складає 0,03...0,05%. Перевищення гранично допустимих значень прискорює окислюваність оливи, піддаються гідролізу присадки, порушується колоїдна стабільність забруднень, і внаслідок їх коагуляції блокуються масляні фільтри, погіршуються протикорозійні та протизносні властивості оливи. Вода в певних умовах може зіграти основну роль в аварійному виході двигуна з ладу деколи навіть більшою мірою, ніж недостатня кількість присадок в оливі.

З перших же годин експлуатації відбудеться змішування води з оливою в масляній системі, і тоді (навіть якщо вміст води 0,1%) починається різкий процес деструкції присадок. Така олива, потрапляючи по масляним каналам до поршневих кілець, викликає інтенсивне зростання відкладень під кільцями (присадки як би спікаються під кільцями, утворюючи дуже тверді відкладення) за рахунок дії високих температур, що може призвести до їх поломки. Подібного роду процеси відбуваються і в спряженні вкладиш-шийка колінчастого валу. У двигунах з гранично зношеними деталями ЦПГ такі процеси відбуваються ще більш інтенсивно. У деяких випадках подібного роду відхилення можна спостерігати на датчику системи змащення (зміна тиску), в інших випадках змінюється потужність двигуна. У всіх випадках необхідно негайно припинити роботу, заглушити двигун, злити оливу, змінити масляний фільтр, промити систему мащення і заправити свіжу оливу.

Механічні домішки накопичуються в моторній оливі в результаті попадання пилу з повітря або через нещільності картерного простору, а також внаслідок утворень нерозчинних продуктів окислення та зносу деталей ЦПГ. Вважається, що найбільш інтенсивно механічні домішки накопичуються в моторній оливі в перші 60...120 годин роботи, а потім процес стабілізується. У цей період кількість накопичених в оливі і утримуваних вузлами очищення (фільтрами, центрифуги) механічних домішок робиться постійним, що є визначальним для рівноважного

стану. Інтенсивне накопичення механічних домішок в перший період роботи оливи пояснюється окисленням малостабільних вуглеводнів оливи у всьому об'ємі змащувальної системи, а потім цей процес протікає, в основному, в оливі, що доливається на угар.

За стандартом вміст механічних домішок у моторних оливах має бути не вище 0,015%. Граничним показником вмісту механічних домішок в працюючих оливах є значення від 1 до 3%, залежно від типу двигуна. Найбільш небезпечні мінеральні домішки. Органічні продукти забруднення, перебуваючи в оливі в тонкодисперсному стані, можуть підвищувати його протизносні властивості. Це відбувається як за рахунок підвищеної поверхневої активності асфальтосмолистих речовин, що збільшують маслянистість оливи, так і буферної дії вуглецевих частинок, що покривають мікронерівності поверхонь тертя і цим оберігають їх від безпосереднього контакту. Крім того, органічні продукти забруднення адсорбуються на неорганічних (мінеральних) частинках і тим самим перешкоджають їх безпосередньому контакту з металевими поверхнями деталей, що знижує знос останніх. Це показує, що знос викликається відносно великими, більше мінімальної товщини масляної плівки, частками неорганічних забруднень.

В той же час в результаті високих концентрацій органічних і неорганічних домішок відбувається інтенсивне засмічення трубопроводів і фільтрів, порушення термічних режимів роботи деталей, закоксовування поршневих кілець, що побічно позначається на підвищенні зносу і знижує надійність роботи двигуна. Дослідження працюючих оливи показують, що основну масу зважених часток складають домішки розміром 1...3 мкм. Як більш великих, так і дрібних частинок відносно небагато. Зниження концентрації дрібних частинок можливе лише при спрацьовуванні значної частини присадок, коли відбувається агрегація з наступним осадженням фільтруючими пристроями частинок розміром більше 5 мкм або відкладенням на нагрітій поверхні циліндро-поршневої групи (утворення нагару). У відсутності коагуляції частинки даних розмірів найбільш стійкі, практично не осідають, їх кількість стає значною, і вони починають чинити абразивну дію на деталі двигуна.

За зношуванням деталей двигуна можна простежити по концентрації продуктів зносу в оливі. Встановлено, що при тривалій роботі оливи в двигуні, постійної інтенсивності очищення та постійній витраті концентрація продуктів зносу, стабілізується, як і концентрація загальних механічних домішок. Значне підвищення концентрації того чи іншого елемента в оливі свідчить про інтенсивність зношування деталей, для яких цей елемент характерний. Наприклад, по концентрації алюмінію можна судити про знос поршнів, по наявності хрому - про знос хромованих поршневих кілець і т.д.



Для спостереження за процесом зношування двигуна широко застосовується спосіб визначення заліза в оливі. Вміст заліза характеризує протизносні властивості оливи та їх зміни в процесі роботи, зносостійкість деталей двигуна і ефективність засобів очищення, включених в систему змащення. Із збільшенням вмісту заліза в оливі змінюються фрикційні, протизносні, антиокислювальні і миючі властивості оливи. Це є наслідком порушення режиму змащування деталей, які труться, що в свою чергу викликає зростання навантаження і температури в спраженнях. Все це призводить до їх підвищеного зносу, зростання вмісту механічних домішок і кислотного числа оливи. Тому вміст заліза в оливі обмежується виходячи з його негативного впливу на експлуатаційні властивості оливи з одного боку і з міркувань безпеки і надійності експлуатації двигуна - з іншого. Граничний вміст заліза в моторній оливі для дизелів складає приблизно 0,01...0,02%. Різке збільшення вмісту заліза свідчить про інтенсифікацію процесів зносу. Однак за вмістом заліза в оливі можна оцінити лише сумарний знос всіх сталевих і чавунних деталей двигуна і дуже важко прослідкувати за процесом зношування окремих деталей, наприклад, поршневих кілець або гільз циліндрів.

Аналізуючи причини зміни окремих хімотологічних показників якості працюючої оливи, можна відзначити, що кожен показник адекватно реагує на прояв зовнішніх порушень в роботі вузлів і систем двигуна. При цьому дуже багато показників взаємопов'язані. Наприклад, збільшення вмісту нерозчинного осаду спричинює збільшення в'язкості оливи, низька температура спалаху свідчить про розрідження оливи палним, що тягне за собою зменшення в'язкості; збільшення вмісту в оливі заліза та інших металів викликає підвищення кислотності і вміст механічних домішок і, як наслідок, в'язкості і т. д.

Аналіз показників якості працюючих трансмісійних і гідравлічних олив для діагностування стану агрегатів, в яких вони використовуються, застосовується рідше, ніж для моторних. У той же час, визначивши в трансмісійній або гідравлічній оливі підвищений вміст механічних домішок, можна зробити загальний висновок про несправність у відповідних системах. Інші показники, наприклад, в'язкість, температура спалаху, кислотне число, вміст води, не настільки інформативні, як для моторних олив. Однак їх облік та аналіз сприяє вибору раціональних умов експлуатації агрегатів трансмісій і гідросистем.

Зміна оливи в дизелях по фактичній необхідності, встановлюваної шляхом регулярно виконуваних аналізів працюючої оливи, має наступну основну перевагу перед зміною оливи після заданого напруцювання і незалежно від його фактичного стану - запобігається експлуатація дизелів на оливі, яка втратила працездатність в межах її призначеного ресурсу, і повністю виключається передчасна заміна працездатної оливи.

Проведення систематичного аналізу оливи, працюючої в дизельному двигуні, при правильній інтерпретації одержуваних даних, оперативному і комплексному їх використанню дає можливість істотно скоротити експлуатаційні витрати на пальне, оливу, запасні частини, ремонт, зменшити вимушені простої техніки і швидко окупити витрати на контроль якості.

Для правильної інтерпретації результатів аналізу працюючих дизельних олив в цілях діагностування двигунів, виявлення їх неполадок на самій ранній стадії дуже важливо дати споживачеві статистично встановлені, нормативні значення найважливіших показників стану працюючої оливи конкретної марки. Ряд зарубіжних виробників дизельних двигунів дає таку інформацію споживачам їх продукції. Наприклад, фірма «Катерпіллер» (США) - для судових дизелів типів Д 379, Д 398 і Д 399, експлуатованих на оливах по специфікації MIL-L-2104 C, дає чотири діагностичних градації стану двигунів в залежності від вмісту в оливі металів ( продуктів зносу) і кремнію, а також рекомендації щодо порядку їх подальшої експлуатації, навіть необхідності її негайного припинення щоб уникнути аварії. Подібні рекомендації для інтерпретації результатів аналізу олив, відповідних специфікації ЕМД, дає фірма «Дженерал моторс» для тепловозних дизелів, фірма «Юнін Риг» (США) - для дизелів кар'єрних самоскидів (180 т) і т.п.

На деяких зарубіжних заводах-виробниках та розробників двигунів уже на стадії доведення і стендових випробувань прагнуть встановити специфіку процесу старіння оливи в його поєднанні з дизелем, уточнити найважливіші характеристики оливи і їх взаємозв'язки, що визначають працездатний і граничний стан оливи в умовах експлуатації (таблиця 1).

Встановлюючи граничні значення показників стану оливи, працюючої в двигуні, дуже важливо не переоцінювати фактор стабілізації показників граничного стану оливи в процесі старіння, брати до уваги велику ймовірність випадання з оливи відкладень або різке погіршення його антикорозійних, антиокислювальних і протизносних властивостей навіть при незначній зміні робочих умов, коли олива має велике напруження і, отже, піддавалася глибокому старінню.

В дійсності стабілізація властивостей оливи в процесі роботи швидше уявна, а деяке формальне поліпшення її властивостей зі збільшенням напруження (наприклад, помітне зменшення вмісту нерозчинних забруднень) може служити сигналом порушення агрегативної стійкості оливи і початку коагуляції забруднень, що знаходяться в ній.

Для сучасних олив, здатних утримувати в диспергованому стані велику кількість домішок, період старіння, наступаючий після початкової інтенсивної зміни її властивостей і поступової їх стабілізації, має більше значення, ніж для оливи з малим вмістом детергентно-диспергуючих присадок.

Таблиця 1

**Бракувальні показники моторних оливо для середньофорсованих двигунів**

№ п/п	Показники	Максимальне значення показника, до якого допускається робота моторної оливи	Рекомендуемий бракувальний показник для заміни оливи	Метод випробувань
1	Відхилення в'язкості, %	30	25	ГОСТ 33
2	Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	160	170	ГОСТ 4333
3	Кислотність, мг КОН/г	3,0 0,8	2,5 0,6	ГОСТ 5985
4	Лужність, мг КОН/г (не нижче)	0,8	1,0	ГОСТ 11362
5	Водневий показник, г-ІОН/л (не нижче)	5,0	6,0	експериментальний
6	Коксованість, %	4,0	3,5	ГОСТ 5987
7	Механічні домішки, %	1,2	1,0	ГОСТ 6370
8	Нерозчинені в бензині домішки, %	3,0	2,5	Метод центрифугування
9	Вода, %	0,6	0,5	ГОСТ 2474
10	Диспергуюча властивість	1,4	1,35	метод «п'ятна»
11	Витрата оливи на угар, %	4,0	3,1	відомчі вимоги
12	Строк служби, год	240	240	відомчі вимоги

Цей період прогресивно зростаючої інтенсивності старіння оливи, який С.В. Венцель назвав третім періодом, найчастіше викликає неполадки в змащуванні дизелів або призводить до виходу їх з ладу. Для сучасних оливо з високими диспергуючими властивостями припинення зростання вмісту в них нерозчинних забруднень або зменшення їх вмісту в працюючій оливі при звичайній мірі його освіження для компенсації на угар служить ознакою укрупнення часток домішок, інтенсивного їх відфільтрування або випадання в осад, тобто ознакою необхідності заміни оливи.

Збільшення напрацювання дизелів від заправки змащувальної системи свіжою оливою до її заміни згідно з вказівками інструкції з експлуатації або у зв'язку з втратою оливою працездатності було і залишається в даний час актуальним завданням. Однак задачі збільшення термінів заміни дизельних олив істотно змінилися. При кожному наступному збільшенні терміну заміни економія дизельної оливи ставала все менше.

В сучасних умовах при існуючих об'ємах змащувальних систем дизелів, терміни заміни олив і їх витратах на угар, подальше збільшення строків заміни в більшій мірі має не отримання економії оливи, а скорочення трудовитрат на технічне обслуговування двигунів, зменшення вимушених простоїв транспортних засобів та іншого обладнання в зв'язку зі зміною оливи. На практиці вирішення завдання збільшення термінів заміни дизельних олив має три варіанти:

- 1) за рахунок нереалізованого запасу експлуатаційних властивостей оливи;
- 2) шляхом застосування нових марок олив, що мають більш високі експлуатаційні властивості;
- 3) комплексне вирішення задачі, що включає поліпшення конструкції дизелів і підвищення рівня експлуатаційних властивостей олив.

Як відомо, заміну оливи в дизелях виконують або при їх технічному обслуговуванні після заданого напрацювання (призначений ресурс роботи оливи), або по досягненні оливою граничного стану, встановлюваного шляхом його періодичного аналізу (фактичне напрацювання оливи до заміни). Якщо досвід експлуатації дизелів показує, що вони при роботі на даній оливі відпрацьовують свій ресурс без відмов, пов'язаних з якістю застосовуваної оливи, а олива, що зливається при заміні після заданого напрацювання, в переважній більшості випадків ще має значний запас експлуатаційних властивостей, є всі підстави для подальшого збільшення призначеного ресурсу оливи, поступового і поетапного зменшення існуючого «запасу міцності».

Збільшення термінів заміни дизельних олив шляхом застосування марок новими, мають більш високі експлуатаційні властивості, але, природно, і більш дорогими, доцільно в тих випадках, коли досягається економія матеріальних і трудових витрат перевищує збільшення витрат на виробництво нових олив. Ефективність заміни застосовуваної оливи новою, яка за рівнем експлуатаційних властивостей перевершує ту, яка замінюється на одну групу класифікації, може бути різною в залежності від конкретних умов роботи оливи в двигуні. Так, наприклад, заміна оливи марки М-20Бп оливою М-20В2Ф дозволяє збільшити напрацювання дизелів без зміни оливи вдвічі або більше.

Заміна ж оливи М-14В2 оливою марки М-14Г2 сприяє збільшенню середнього напрацювання між черговими замінами оливи менш ніж на 30%.

Зазвичай олива, яка довго працює, відрізняються високою стійкістю до старіння, великим запасом антиокислювальних і нейтралізуючих властивостей, здатністю диспергувати велику кількість нерозчинних забруднень.

Особливе значення в комплексі заходів, спрямованих на збільшення терміну заміни оливи, має ефективність його очищення фільтрами, центрифугами та іншими оливоочисними пристроями, характеристики та брудоемність яких повинні бути узгоджені з диспергуючими властивостями застосовуваної оливи і швидкістю її забруднення. Досить ефективно і перспективно використання частково-потоківих фільтрів надтонкого очищення додатково до повнопоточного, а також оптимізація чаду оливи з метою уповільнення її старіння.

Таким чином, намічаючи комплекс заходів, спрямованих на збільшення терміну заміни оливи, необхідно перш за все зібрати і проаналізувати статистичні дані про фактичне напрацювання оливи до заміни, виявити показники, за якими вона втрачає працездатність у більшості випадків, встановити дисперсію напрацювання оливи до заміни. Наявність такої інформації дає можливість встановити, які властивості оливи необхідно поліпшити, відмови яких вузлів чи деталей супроводжуються непереборним псуванням оливи. У тих випадках, коли найбільш частою причиною заміни оливи буває його граничне забруднення твердими продуктами неповного згоряння пального, важливо всіма способами зменшити утворення таких продуктів і їх проникнення в картерну оливу. Якщо дисперсія напрацювання оливи до заміни велика, регламентувати заміну призначеним ресурсом недоцільно.

### **Список використаних джерел**

1. Журавель Д.П. Моделювання процесів зміни кількісних і якісних показників моторних масел при їх використанні. *Праці ТДАТА*. Вип.2, т.14. Мелітополь, 2000. С. 37-40.

2. Журавель Д.П. Эффективность использования восстановленных моторных масел в тракторных двигателях. *Труды ТГАТА*. Вип.1, т.18. Мелітополь, 2001. С. 24-28.

3. Журавель Д.П. Исследование смазочной способности масел в сопряжениях автотракторных двигателей. Отраслевое машиностроение. *Труды ТГАТА*. Вып. 2, т.1. Мелітополь, 1997. С. 46-48.

4. Журавель Д.П. Моделирование триботехнических процессов в сопряжениях автотракторных двигателей. Отраслевое машиностроение. *Труды ТГАТА*. Вып. 1, т.6. Мелітополь, 1998. С. 38-43.



5. Журавель Д.П. Метод оценки состояния триботехнических свойств моторных масел. Отраслевое машиностроение. *Труды ТГАТА*. Вып.1, т.13. Мелітополь, 1999. С. 65-67.

6. Журавель Д. П. Методологія підвищення надійності сільськогосподарської техніки при використанні біопально-мастильних матеріалів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Тавр. держ. агротехнол. ун-т. Мелітополь, 2018. 44 с.

7. Журавель Д.П., Новік О.Ю., Бондар А.М., Петренко К.Г. Триботехніка. Курс лекцій з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 280 с.

8. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Херсон, 2017. Вип. 5. С.56-65.

9. Журавель Д. П. Оцінка зносу трибоспряжень в середовищі біопаливо-мастильних матеріалів. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2012. Вип. 12. т.2. С. 28-33.

10. Журавель Д. П., Юдовинський В.Б. Моделювання хімотологічних та триботехнічних процесів в спряженнях тертя. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь, 2007. Вип. 7, т. 3. С. 30-38.

УДК 620.1.631.372

## ЗАСТОСУВАННЯ НАНОМАТЕРІАЛІВ В БЕЗРОЗБІРНОМУ СЕРВІСІ

Болтянська Н. І., к.т.н.,

Маніта І. Ю., ст. викл.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Метою нанотехнології є створення наносистем, наноматеріалів, нанопристроїв, здатних надати революційну дію на розвиток цивілізації. Нанотехнологія обіцяє великі можливості для застосування в розробці нових матеріалів, біотехнології, мікроелектроніки, енергетики і озброєнні. Серед найбільш вірогідних наукових проривів експерти називають відновлення людських органів з використанням знов відтвореної тканини, отримання нових матеріалів, створених безпосередньо із заданих атомів і молекул і поява нових відкриттів в хімії і фізиці. Безрозбірний сервіс транспортних засобів є подальшим розвитком досліджень в цій області і, в основному, базується на положеннях нанонауки [1-3].

Під безрозбірним сервісом мається на увазі комплекс технічних і технологічних заходів, спрямованих на проведення операцій технічного обслуговування і ремонту вузлів і механізмів без проведення розбірно-складальних операцій із застосуванням передових розробок хімічної промисловості [4,5].

Результатом багаторічних досліджень учених став той факт, що тертя тепер представляється не тільки як руйнівне явище природи, а й як творчий процес, що здатен до самоорганізації. Це дозволило розробити нові, раніше не відомі методи технічного сервісу машин, зокрема безрозбірного відновлення агрегатів і вузлів техніки в процесі їх безперервної експлуатації. Надалі дослідження в даній області отримали глибший розвиток, виник і успішно розвивається самостійний науково-технічний напрям – безрозбірний технічний сервіс машин і механізмів. Безрозбірний сервіс може включати операції обкатки, діагностики, профілактики, хімотологічного тюнінга, очищення і відновлення, як окремих з'єднань, що труться, і агрегатів, так машин і механізмів в цілому [6-8].

Теоретичними передумовами безрозбірного сервісу (відновлення) з'явилися дослідження в теорії самоорганізації, передбаченої бельгійським фізиком І. Р. Пригожином.

У прикладному плані безрозбірний сервіс базується на наукових відкриттях багатьох вчених. До них, в першу чергу, відноситься явище

вибіркового перенесення під час тертя [9-11]. Іншим важливим відкриттям в цій області є ефект пластифікування поверхонь тертя в присутності поверхнево-активних речовин (ПАР), зроблене П. А. Ребиндером і його учнями. У тридцятих роках ХХ століття П.А. Ребиндер відкрив ефект зниження міцності твердих тіл, завдяки адсорбції поверхнево-активних речовин, що призводить до полегшення виходу дислокацій. Теоретичну можливість створення умов беззносності тертя підтверджує факт відкриття в 1969 р ефекту аномально низького тертя (АНТ) твердих тіл, виявленого групою вчених А. А. Силіним, Е. А. Духовскім, В. Л. Тальрозе і ін. Ними було встановлено, що при бомбардуванні поліетилену і пропилену в вакуумі потоком атомів гелію (або деякими іншими хімічними елементами) коефіцієнт тертя зменшувався на два порядки до значення нижче 0,001 (межа чутливості вимірювальної установки), що може говорити про його зникнення. Інтенсивність зношування при цьому, природно, різко знизилася [5-7].

На підставі подальших досліджень було виявлено, що при опроміненні найтоншого поверхневого шару речовини прискореними атомами відбувається його перехід в упорядкований стан [8].

В умовах нестачі фінансових коштів у більшості населення, певного дефіциту доступних якісних паливно-змащувальних матеріалів підтримання в працездатному стані техніки можливе за рахунок застосування спеціальних ремонтно-експлуатаційних препаратів і технологій безрозбірного сервісу, зокрема на основі наночасток і нанотехнологій.

Відомі автохімічні препарати для безрозбірного сервісу автотракторної техніки можуть бути віднесені до нанотехнологічних розробок за трьома основними критеріями:

- застосування в їх складі нанорозмірних частинок (ультрадисперсні алмази, металеві порошки, політетрафторетилен (PTFE), модифікований графіт і т.д.);
- використання компонентів, отриманих (вироблених) з використанням нанотехнологій, наприклад золь-гель технології (рекондіціонери);
- формування на поверхнях тертя внаслідок взаємодії з активними компонентами цих препаратів захисних нанорозмірних (наноструктурованих) покриттів і структур (іонні металоплакуючі присадки, кондиціонери, геомодифікатори).

Безсумнівно, що всі перераховані вище властивості в тій чи іншій мірі притаманні практично всім ремонтно-відновлювальним препаратам автохімії, застосовуваним для безрозбірного сервісу (відновлення) автотехніки. В одних випадках, вони є визначальними для того, щоб бути віднесеними до нанотехнологічних препаратів, а в інших, можуть бути віднесені до допоміжних (додаткових) ефектів. Наприклад, у всіх препаратах поряд з макрочастками можуть перебувати і нанорозмірні

частинки. Слід також відзначити той факт, що практично всі питання трибології пов'язані з вивченням процесів, що протікають в поверхневому шарі (міжфазному кордоні) деталей, що контактують.

При цьому найпростішими наноматеріалами препаратів автохімії або автокосметики можуть служити фрагменти речовин, подрібнені до нанорозмірного стану або отримані якимось іншим фізичним або хімічним способом, що мають хоча б в одному вимірі протяжність не більше 100 нм і проявляють якісно нові властивості (фізико-хімічні, функціональні, експлуатаційні та ін.). Це можуть бути і сферичні (багатогранні) частки, нановолокна (наприклад, PTFE), пластинки монтморилоніту або голки серпентину.

Реально діапазон аналізованих об'єктів набагато ширше – від атомів і молекул до їх кластерів і полімерних органічних молекул, що містять понад 100 атомів і мають розміри навіть більше 1 мкм в одному або двох вимірах. Принципово важливо, що вони складаються з невеликого числа атомів, і, отже, в них вже в значній мірі проявляються дискретна атомно-молекулярна структура речовини, квантові ефекти, енергетика розвиненої поверхні наноструктур.

Відповідно до вищесказаного, в даний час до нанотехнологічних препаратів автохімії для застосування в якості і присадок, і добавок до мастильних матеріалів автотракторної техніки слід віднести наступні розробки:

*Препарати приробітку на основі наноалмазів (Lubrifilm Di-amond Run In, Fenon Nanodiamond Green Run і ін.).* Наноалмази що входять до складу присадок (діаметром 4–6 нм) і кластерний вуглець структурують масляну плівку, збільшують її динамічну міцність, діють на кристалічну решітку поверхні металу, зміцнюючи її, формують нові поверхні тертя, зменшуючи граничне тертя і знос (особливо при великих навантаженнях і дефіциті матеріалу мащення). В результаті скорочується час обкатки і оптимізується якість з'єднань, що труться, поліпшується робота двигуна, економляться паливо і мастило, а також знижуються кількість шкідливих викидів і полегшується запуск двигуна

*Кондиціонери металу (Energy release, SMT2 і ін.)* В результаті трибохімічних реакцій (утворення, розпаду і відновлення в зоні тертя з'єднань металу з активними молекулами продукту) ці кондиціонери утворюють захисний граничний шар (20–40 нм). Захисний шар набуває пластичні і пружні властивості, антифрикційні якості і одночасно стійкість до високих навантажень.

*Рекондиціонери (Old Chap, Tensai).* Препарати створені із застосуванням золь-гель технології. Поряд з утворенням на поверхнях тертя захисних шарів додатково сприяють підвищенню несучої здатності (міцності) плівки мащення. Полімолекулярна система препарату, що включає в себе нанорозмірні комплекси (кластери) органічних речовин,

структурує граничну масляну плівку і збільшує адгезію масла до металу.

*Відновлювальні присадки або реметалізанти (Return Metal, Renom Engine NanoGuard і ін.)* Містять мастилорозчинні або порошкові металоорганічні з'єднання. Реалізують трибохімічний («іонний») механізм металоплакування поверхонь тертя за рахунок утворення (відновлення) на поверхні тертя металомісткості, наноструктурованої захисної плівки. Присадки сприяють «лікуванню» нано- і мікродфектів поверхонь тертя і відновленню їх працездатності.

*Геомодифікатори (Fenom nanotechnology, RVS та ін.)* Препарати автохімії на основі мінералів природного і штучного походження (нано- та мікрорівня) отримали найменування «геомодифікатори», «геоактиватори», «ремонтно-відновлювальні склади» (РВС технологія) або «ревіталізанти». Потрапляючи на поверхні тертя разом з мастилом або в складі пластичного мастила, ініціюють процес формування на поверхнях, що труться металокерамічної нанорозмірної структури з високою зносостійкістю і малим коефіцієнтом тертя.

Застосування ремонтно-відновлювальних препаратів для безрозбірного сервісу визначається технічним станом транспортного засобу. При цьому необхідність того чи іншого впливу або препарату оцінюється на підставі результатів технічної діагностики. За результатами діагностування призначаються або профілактичні препарати, більш «м'якої» дії, або препарати, що забезпечують більш інтенсивний вплив на з'єднання і агрегати автомобіля, що труться.

Розглянуті нанопрепарати дозволяють: значно підвищити зносостійкість деталей; скоротити тривалість і поліпшити якість приробітку поверхонь тертя; ефективно підвищити задиростійкість і знизити пітінг контактуючих поверхонь в важко навантажених парах тертя; знизити температуру працюючих вузлів, рівень шуму і вібрації [12].

Розробки найбільш ефективні в умовах граничного тертя, при високих навантаженнях і швидкостях ковзання, підвищеній температурі тертя і недостатньому мащенні, характерних для зношених з'єднань тертя техніки з великим терміном служби, на режимах приробітку і при перевантаженнях. Утворення стійких захисних металевих плівок це досить тривалий (поступовий) процес, тому при випробуваннях, а також при штатній роботі техніки, може не спостерігатися різкого (раптового) поліпшення експлуатаційних показників, але обов'язково зазначається їх позитивна динаміка, яка впливає на підвищення надійності та ресурсу вузлів і агрегатів техніки.

#### **Список використаних джерел**

1. Болтянська Н.І. Забезпечення якості продукції у галузі сільськогосподарського машинобудування. Науковий вісник НУБіП України. Серія Техніка та енергетика АПК. 2014. Вип. 196, ч.1. С. 239-245.



2. Болтянська Н.І. Підвищення довговічності вузлів тертя мобільної сільськогосподарської техніки застосуванням нанотехнологій. Вісник ХНТУСГ. 2012. Вип.128. С. 132-137.

3. Болтянський О.В. Використання нанотехнологій при безрозбірному сервісі автотракторної техніки. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.2. С. 97-102.

4. Boltyanskaya N.I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.

5. Boltyanskaya N.I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.

6. Болтянський О.В. Використання різних критеріїв при визначенні кількості запасних частин. Праці ТДАТА. Вип. 36. 2006. С. 3-7.

7. Boltyanskaya N.I. The creation of optimal microclimate parameters in the conditions of growing shortage of energy in the pig industry. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kiev. 2016. Vol. 254. 284-296.

8. Boltyanskaya N.I. Indicators of an estimation of efficiency of application of resourcesbutGauci technologies in animal husbandry. Bulletin of Sumy national agrarian University. A series of «Mechanization and automation of production processes». 2016. Vol. 10/3 (31). 118-121.

9. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.

10. Boltyansky B., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.

11. Скляр Р.В., Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

12. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 621.373.826

## СТІЙКІСТЬ ДО АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ ПОРОШКУ STELLITE 6

Куликівський В. Л.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Мельник В. Л.<sup>1</sup>, магістрант,  
Слинько В. Д.<sup>1</sup>, магістрант,  
Лібіховський В. В.<sup>1</sup>, магістрант,  
Мандра В. В.<sup>1</sup>, магістрант,

<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

**Постановка проблеми.** Абразивний знос – одна з найважливіших і найдорожчих проблем, з якими стикаються промислово розвинені економіки. Абразивний знос коштує промисловим країнам 1–4% їх валового національного продукту. Це величезна проблема, яка виникає у таких галузях народного господарства як: добування корисних копалин, будівництві, сільському господарстві та інших. Абразивний знос ідентифікується як знос внаслідок проникнення твердих частинок або поверхневих нерівностей однієї твердої речовини на поверхню більш м'якої твердої речовини під час ковзання або контакту при ударі. Результатом є деформація або різання матеріалу більш м'якої поверхні. В сільському господарстві найбільше абразивному зношуванню піддаються робочі органи ґрунтообробних машин, саме тому пошук зносостійких матеріалів для підвищення їх зносостійкості є актуальною задачею.

**Основні матеріали дослідження.** Stellite 6 – це універсальний матеріал, який застосовується для наплавлення різних деталей або робочих органів, які працюють в умовах абразивного зношування. Мікροструктура Stellite 6 містить тверді карбіди  $M_7C_3$ . Стелітові сплави також містять тверду фазу Лавеса в більш м'якій матриці евтектичного або твердого розчину, що позитивно впливає на зносостійкість матеріалів в умовах абразивного зношування.

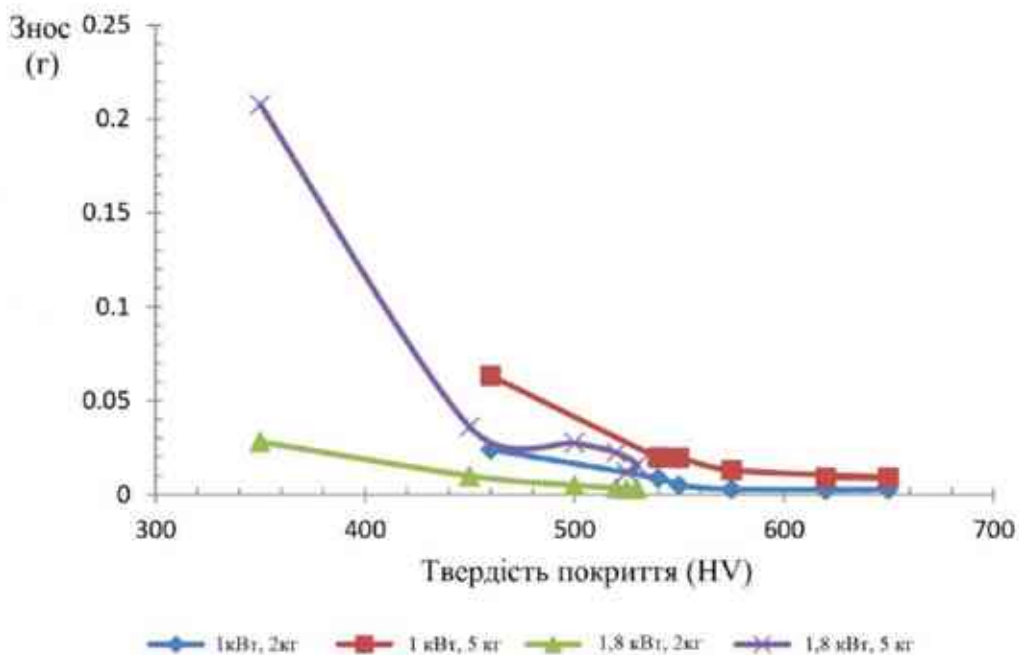
Порошок Stellite 6 наносили на поверхню сталей за допомогою лазерних технологій. Порошок поглинав енергію лазера і частково плавився, перш ніж потрапити на матеріал основи. Частина енергії лазера також поглинається матеріалом основи, викликаючи плавлення поверхні, утворюючи міцний металургійний зв'язок між матеріалом основи та зносостійким шаром.

Основною метою цього дослідження була оцінка характеристик абразивного зносу покриття Stellite 6, який наносився на різні сталі. Вплив потужності лазера на структуру та властивості покриттів також оцінювали за допомогою використання двох режимів лазера: 1 кВт та

1,8 кВт. Потенційні практичні результати цієї роботи полягають у наданні розуміння вибору матеріалів для оптимальної зносостійкості сталей з покриттям зі Stellite 6.

При оцінці факторів, що впливають на інтенсивність зношування покриттів враховували: твердість покриття, вміст вуглецю в покритті, твердість зони термічного впливу та твердість основи.

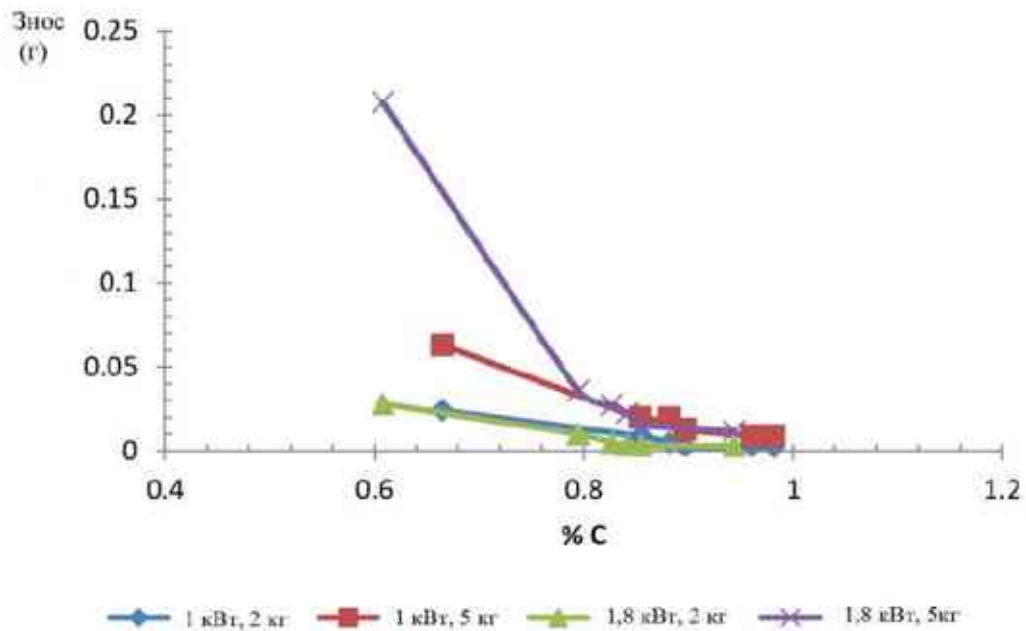
Встановлені залежності величини зносу в залежності від твердості покриття (рис. 1) демонструють помітне зменшення втрат на знос зі збільшенням твердості покриття, як для випробувальних навантажень так і для потужності лазера.



**Рис. 1. Залежність величини зносу від твердості покриття для двох потужностей лазера та двох випробувальних навантажень**

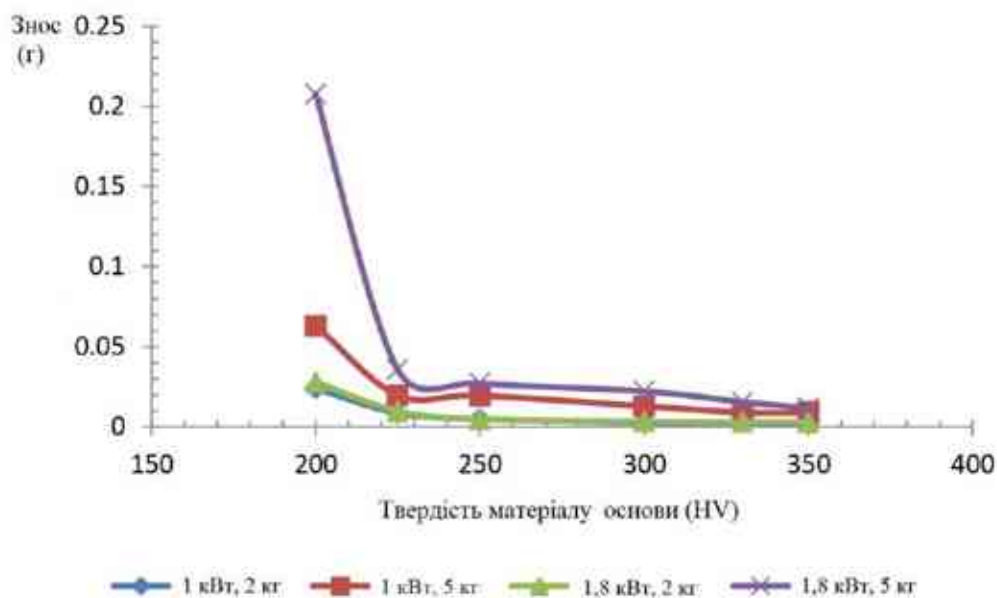
Результати досліджень величини зносу в залежності від розрахункового вмісту вуглецю представлені на рис. 2. Величина зносу суттєво зросла, коли вміст вуглецю в покритті опустився нижче 0,8% С і був вищим для покриттів 1,8 кВт, випробуваних при більших навантаженнях. Для нижчого випробувального навантаження в 2 кг різниця у втратах на знос із вмістом вуглецю була відносно несуттєвою до потужності лазера, що використовується для нанесення покриття. Однак більш високе випробувальне навантаження призвело до помітного відхилення втрат на знос при потужності лазера нижче вмісту вуглецю в покритті приблизно 0,8%.

Очевидно, що зменшення вмісту вуглецю покриття через збільшення сили осадження призвело до значного збільшення втрат на знос [1].



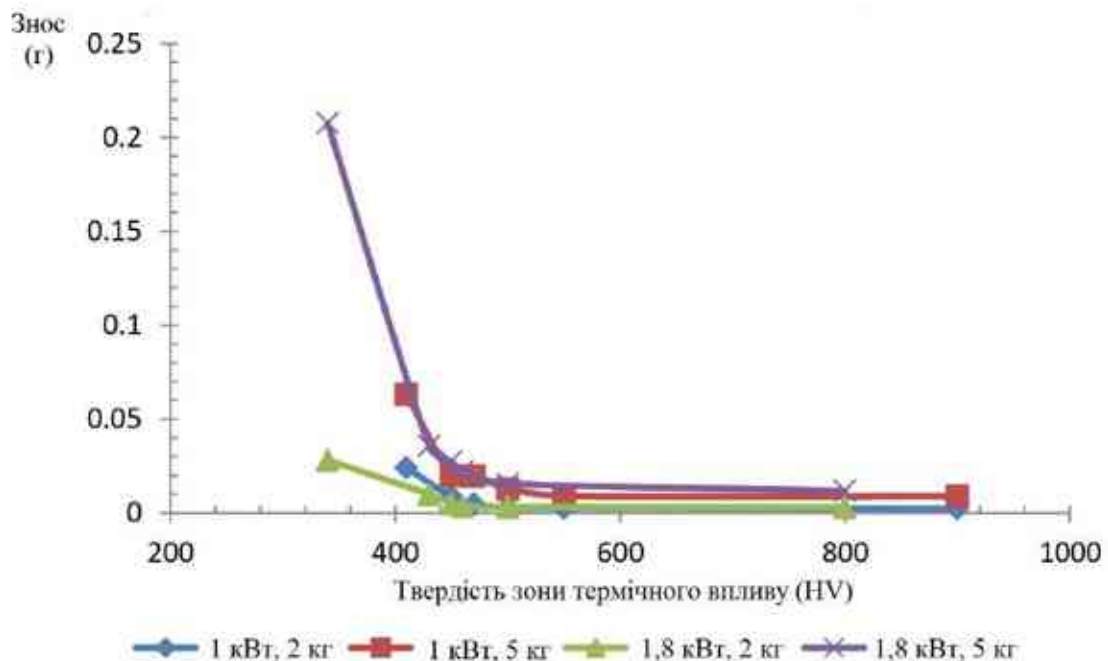
**Рис. 2. Залежність величини зносу від вмісту вуглецю для двох потужностей лазера та двох випробувальних навантажень**

Залежність величини зносу від функції твердості основного матеріалу представлено на рис. 3. Графік показує, що втрати на знос відносно нечутливі до твердості основи для рівнів твердості, що перевищують приблизно 225 HV. Для більш м'якого матеріалу основи втрата на знос різко прискорюється, що вказує неефективність використання даних матеріалів в умовах абразивного зношування.



**Рис. 3. Залежність величини зносу від твердості матеріалу основи для двох потужностей лазера та двох випробувальних навантажень**

Найінтенсивніше процес абразивного зношування протікає при твердості зони термічного впливу нижче 425 HV. Різке збільшення втрат на знос, особливо при випробувальному навантаженні 5 кг, для покриттів з твердістю матеріалу основи нижче 450 HV вказує на те, що загартування основи впливає на зносостійкість покриття.



**Рис. 4. Залежність величини зносу від твердості зони термічного впливу для двох потужностей лазера та двох випробувальних навантажень**

**Висновки.** Всі чотири фактори є незалежними, але тісно взаємопов'язані між собою. Твердість покриття сильно пов'язана з вмістом вуглецю, яка у свою чергу залежить від вмісту вуглецю в матеріалі основи внаслідок ефекту «розведення». Крім того вміст вуглецю в основі є основним фактором, що визначає його здатність до гартування, а отже і твердість зони термічного впливу.

#### **Список використаних джерел**

1. Meriaudeau, F., Truchelet, D., Grevey., Vannes, A. B. Laser Cladding Process and Image Processing, Laser in Engineering 6, 1997. 161-187 p.



УДК. 631.3.004:621.892

## ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ТРИБОСИСТЕМ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДОБАВОК

Журавель Д.П., д.т.н.

Копосов А.Д., магістр

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.

**Постановка проблеми.** Однією з найважливіших проблем сучасного етапу розвитку техніки є проблема підвищення надійності машин та обладнання. Вона відіграє велику роль в економії металів, трудових витрат і підвищенні ефективності виробництва. Основою для вирішення даної проблеми є підвищення зносостійкості деталей та конструкцій, що працюють в різноманітних умовах експлуатації. Одним із основних способів підвищення довговічності машин та обладнання є введення в склад змащувальних матеріалів спеціальних добавок, які дозволять покращити триботехнічні властивості вузлів тертя.

**Основні матеріали дослідження.** Якість та регулярність заміни моторних оливок, відповідність їх сорту конкретному агрегату, умови експлуатації – все це відіграє суттєву роль у забезпеченні довговічної і надійної роботи агрегатів.

Достатня увага до триботехніки, особливо на початкових стадіях проведення наукових досліджень, могла б дати економію від 1,3% до 1,6% валового національного доходу. І найважливіше, що перші 20% такої економії можна отримати без значних капіталовкладень [1-3].

В основному сучасні добавки призначені для роботи з моторними і трансмісійними оливами (рис.1).



Рис. 1. Сучасні моторні і трансмісійні оливи

У технічній літературі і стандартах немає чітких визначень у використанні термінів «добавка» або «присадка» до змащувальної оливи [4-8]. Зазвичай органічні оливорозчинні продукти називають присадками.

Тверді нерозчинні речовини, як правило, неорганічного походження називають антифрикційними добавками. Але цим же терміном «добавка» називають, наприклад, компоненти, що вносяться до оливи для поліпшення їх миючих властивостей, які добре розчиняються в них, і їх називають миючі добавки (а не присадки) [9]. Тому під загальним терміном «добавка» розуміється сполука або комплекс сполук, що вносяться до оливи на стадії їх експлуатації (рис.2).



**Рис. 2. Сучасні добавки і присадки до змащувальних матеріалів**

В даний час добавки до оливи використовуються за наступними варіантами [1.2]:

- для поліпшення характеристик оливи, наприклад, миючих властивостей, в'язкості (взимку зменшення, влітку збільшення), антифрикційних властивостей і т. д.;
- для усунення недоліків, пов'язаних із станом агрегату, наприклад підвищений угар оливи, надзвичайне «диміння» або надмірна гучність при роботі;
- для продовження ресурсу вже відпрацьованої оливи або спроби відновити її властивості;
- як профілактичний засіб проти зносу змащувальних деталей;
- як ремонтно - відновлювальний засіб зношених деталей.

Найбільш вивчено (і має масове виробництво) застосування антифрикційних добавок на основі молибдену та його сполук.

Зокрема дисульфід молибдену  $\text{MoS}_2$  має унікальну структуру серед змащувальних матеріалів. Встановлено, що високі змащувальні властивості  $\text{MoS}_2$  пояснюються не тільки його фізичними властивостями, але

і хімічними реакціями між  $\text{MoS}_2$  і металом. Реакції між  $\text{MoS}_2$  і Fe призводять до утворення сульфідів заліза при температурі  $700^\circ\text{C}$  (зона тертя в циліндрах двигунів), а при більш високих температурах утворюється з'єднання  $\text{MoFeS}_3$ . Як сульфитація заліза, так і утворення  $\text{MoFeS}_3$  сприяє підвищенню зносостійкості плівки. Явище вибіркового переносу полягає в тому, що така плівка утворюється тільки на поверхні партертя і можлива тільки при певному поєднанні хімічного складу змащувальних матеріалів і технології обробки сполучених деталей.

Утворена молібденовмісна плівка володіє дуже високими антифрикційними властивостями. На практиці застосовують два способи отримання плівки: створення штучних сполук молібдену, які повністю розчиняються в моторній оливі (таким чином виготовляють препарати «Економін», «Фріктол», «Моліпріз») та застосування природного з'єднання дисульфиду молібдену (лідером у використанні дисульфиду молібдену є компанія Дау-Кронінг, продукцією цієї компанії користуються провідні фірми - виробники олив і мастил, найбільш відомі її добавки M-55 і Molykote) (рис.3).



**Рис. 3. Антифрикційна добавка на основі молібдену**

Особливе місце серед добавок в моторну оливу займають препарати на основі алмазного пилю. Такі добавки вважаються обкатними, їх застосування допускається не більше одного разу до капітального ремонту двигуна. До складу таких добавок крім алмазного пилю входить також графіт або синтетичний вуглеводень.

Принцип дії добавок на основі алмазного пилю полягає в тому, що частинки алмазного пилю ( $0,03...0,08$  мкм) не призводять до абразивного зносу, а впроваджуються в мікронерівності найбільш напружених ділянок поверхонь тертя, які у зв'язку з цим зміцнюються, природний знос сповільнюється. Чималу роль у цьому процесі відіграють домішки графіту, що містяться в добавці - вони служать свого роду противозадирними елементами. Істотним достоїнством цих добавок є їх хімічна нейтральність і висока температурна стійкість (тисячі градусів). Інші добавки при таких температурах або згоряють, утворюючи продукти,

що сприяють абразивному зносу, або втрачають свої властивості, або розкладаються на речовини, що негативно впливають на властивості змащувальних матеріалів. З препаратів даного типу найбільш відома добавка «Деста» (рис.4).



**Рис. 4. Препарати на основі алмазного пилу**

Найбільш поширеними добавками для моторних оливо є добавки на основі полімерів, зокрема на основі політетрафторетилену (ПТФЕ). Це обумовлено унікальним поєднанням його властивостей: висока пластичність, хімічна і термічна стійкості, високі антифрикційні можливості, особливо при високих питомих навантаженнях. Розрізняють так звані наповнені і ненаповнені фторопласти. Наповнені фторопласти - це композиційні матеріали з наповнювачами з різних м'яких металів (свинцю, олова, срібла, міді), сплавів (бронзи, латуні), сполук (оксид свинцю, дисульфід молібдену). Це металополімери. Як наповнювачі використовують і інші речовини, наприклад, графіт і кераміку. Клас препаратів на основі політетрафторетилену далеко не однорідний. Умови застосування добавок до оливи на основі ПТФЕ обмежується їх температурною стабільністю, вони зберігають свої властивості тільки при температурах від  $-20$  до  $+200^{\circ}\text{C}$ , що недостатньо для сучасних високонавантажених двигунів. До можливих негативних наслідків застосування добавок на основі тефлону слід віднести також можливість закупорки каналів системи змащення.

З відомих вітчизняних препаратів даного типу найбільш розповсюджені «Форум» (Фторорганічний вуглецевий матеріал), «Аспект - модифікатор» і Форсан. Зарубіжні препарати: Engine Treatment Weth Dupont Teflon - добавка на основі тефлону виробництва американської компанії, Protect - 100 - також американська, на основі тефлону STP - XEP2 та інші. Фірми - виробники стверджують, що добавки є високоефективним засобом для запобігання всіх елементів двигуна від зносу. Про недоліки і обмеження в застосуванні препаратів відомостей немає (рис.5).





**Рис. 5. Триботехнічні матеріали на основі полімерів**

В останні роки широко рекламується застосування добавок, принцип дії яких не розкривається, в приватності американських виробників: Duralube і Energy Release. Duralube в перекладі з англійської - довготривала олива. Вона створена на нафтовій основі, не містить шкідливих компонентів - свинцю, молібдену та інших. До складу Duralube входять поверхнево-активні речовини, що містять іони металів. На поверхні тертя метали відновлюються з іонів до вільного стану. Даний засіб пропонують називати кондиціонером металів. Повідомляється, що препарат містить позитивно заряджені іони, які проникаючи в поверхню металу, створюють шар з «унікальними фізичними властивостями».

Добавка Energy Release в перекладі з англійської - визволитель енергії. Препарат являє собою колоїдний розчин іонів заліза, які в умовах високих температур і тиску взаємодіють з поверхневим шаром металу, заповнюючи «вакансії» його кристалічної решітки. У результаті зменшуються мікросероховатості поверхні тертя.

З російських аналогів відома добавка феном. За даними розробників механізм дії російського феномена полягає в наступному. У зоні тертя сполучених металевих поверхонь за рахунок високих температур і тиску відбувається деструкція мастильного матеріалу з виділенням атомарного водню, що інтенсифікує процес водневого зносу металу.

Активні радикали Феномен нейтралізують водень і «утилізують» продукти деструкції мастильних матеріалів, перетворюючи їх на фази вуглецю в алмазоподібний стан, а також формують сервовитний (захисний) шар з атомарно чистого заліза. Таким чином, в зоні тертя на поверхневому шарі металу Феномен формує шарувату структуру, що складається з атомарно чистого заліза і фаз вуглецю в алмазоподібному стані. В результаті тертьові поверхні взаємодіють через м'який і тонкий сервовитний шар, і сполучені деталі відчують тільки пружні



деформації. Це призводить до зниження інтенсивності зношування. За заявами розробників феномен може бути використаний у всіх областях, де присутні пари тертя, сумісний з усіма видами паливо-мастильних матеріалів, пригнічує ефект водневого зношування металу в зоні тертя, уповільнює процес старіння мастильних матеріалів, не горючий і не токсичний.

В цілому, в даний час все розмаїття пропонованих «ринком» добавок до змащувальних матеріалів, призначених безпосередньо для покращення триботехнічних властивостей поверхонь деталей двигунів, інших агрегатів і вузлів машин можна умовно розділити на наступні класи:

Модифікатори тертя (тефлон, дисульфід молібдену та ін), містять у своєму складі дрібнодисперсні частинки і формують на поверхні тертя деталей захисні плівки, що володіють легким зсувом в площині ковзання, що знижує тертя, але практично не захищає від зношування тертьові пари.

Кондиціонери металу, що впливають безпосередньо на метал тертьових поверхонь деталей, створюють захисний (сервовитний) шар, що знижує тертя і знос і захищає від задирів. Кондиціонери металу типу ER і ФЕНОМЕН та ін., не відновлюють зношені поверхні пар тертя, а формують на поверхнях самовідновлювальну залізну плівку з чистого заліза, товщиною близько 250А.

Ці препарати не змінюють фізико - хімічні показники моторних і трансмісійних оливи і використовують їх в якості носія для доступу до вузла тертя. Кондиціонери металу забезпечують стійкий противозносний ефект навіть при масляному голодуванні у випадку виток оливи.

Для автомобілістів вони становлять найбільший інтерес, оскільки дозволяють вирішити два не взаємозалежні між собою завдання: одночасно понизити тертя і знос, тобто за рахунок зниження втрат на тертя і покращити експлуатаційні характеристики мобільної техніки (знижити витрату палива, поліпшити розгінну динаміку та ін.), а за допомогою зменшення зносу суттєво збільшити їх ресурс.

Реметаллізанти – ремонтно-відновлювальні складові, що нарощують замість зношеного металу пар тертя машин композиції типу «мідь-свинець-срібло» і т.д., до цього ж класу відносяться ремонтно - відновлювальні складові (РВС), що представляють собою багатокomпонентні дрібнодисперсні системи природних мінералів, здатних утворювати з поверхневим шаром металу в місцях тертя металокерамічний захисний шар (МКЗС) з унікальними властивостями. Препарати цього класу мають певну «спеціалізацію» - відновлювати розміри зношених поверхонь деталей в режимі штатної експлуатації, і використовуються в основному для обробки двигунів з високим ступенем зносу, що становить певний інтерес при використанні препаратів стосовно до ремонту сіль-

ськогосподарської техніки. Фізичний знос деталей компенсується утворенням на поверхнях тертя плівок важких металів або металокераміки. Найбільш відомі складові «Рімет», «Хадо», «Lubzifilm», «Motor Doctor» та інші.

РВС - технології - це принципово нові технології відновлення зношених сполучень деталей вузлів і механізмів машин. Вони забезпечують відновлення сполучень в режимі штатної експлуатації, без зупинки і розбірки. РВС - технології дозволяють не тільки відновлювати зношені сполучення, а й збільшувати зносостійкість поверхонь деталей і їх ресурс, забезпечувати економію ПММ та енергоресурсів.

Продукт (РВС) - це дрібнодисперсна, багатокомпонентна суміш мінералів, добавок, каталізаторів.

Основною сировиною для його виготовлення є «Геомодифікатори»: шунгіт, серпентиніт і нефрит. Розмір часток 1...10 мкм. РВС в оливах не розчиняється, в хімічні реакції з ними не вступає, в'язкість не змінює. Геомодифікатори (РВС) показують найкращі результати в елементах трансмісії. Володіючи високими мастильними, водо- і брудовідштовхуючими властивостями, РВС істотно знижують знос і температуру в зоні тертя, в тому числі у відкритих вузлах, таких, як цепна передача, шарніри карданних валів та ін. За хімічним і фазовим складом вони найчастіше являють собою суміш класичного магнезійно - залізного силікату (змінний  $Mq_6(Si_4O_{10})(OH)_8$ ), що є формою цілого ряду мінеральних руд класу олівінів, кінцевими фазами якого є форстерит  $Mq_2SiO_4$  і фаяліт  $Fe_2SiO_4$ , а також у незначних кількостях кремнезему  $SiO_2$  і доломіту  $CaMq(CO_3)_2$ . При роботі обробленого вузла активні компоненти металокераміки вступають у взаємодію з контактуючими ділянками деталей і формують на цих ділянках металокерамічний шар, який частково відновлює дефекти поверхонь тертя і володіє високими антифрикційними і противозносними властивостями.

Для донесення РВС до поверхні тертя може бути використаний будь-який рідкий носій (масло, гас, спирт, вода та інші). Потрапляючи на поверхню тертя й контакту працюючих механізмів, частинки РВС модифікуються самі і модифікують поверхні в кілька етапів:

- руйнування частинок РВС виступами мікрорельєфів сполучених деталей;
- очищення мікрорельєфу плям контакту сполучених деталей;
- щільна нагартовка частинок РВС в поглибленнях мікрорельєфу контактуючих поверхонь;
- утворення МКЗС (проходження реакції заміщення з утворенням нових кристалів, складових МКЗС).

Отриманий МКЗС не має різкої межі між собою і металом, з яким він утворився. За своєю природою він не чужий металу. Частинки РВС абсорбують атомарний водень, запобігаючи водневе розтріскування.

МКЗС має однаковий зі сталлю, з якою він утворився, коефіцієнт лінійного термічного розширення. Коефіцієнт тертя деталей, покритих МКЗС, аномально низький, 0,003...0,007. МКЗС - діелектрик і вогнетривкий. Температура його руйнування - 1500... 1600° С. Стійкий до корозії. Може поновлюватися в міру його зношування, проводячи додаткові РВС - обробки.

У Санкт -Петербурзі створена ресурсо - і енергозберігаюча технологія - Синтезатор Металів ФорсанТМ. Цей продукт не є присадкою, сумісний з будь-якими мастильними матеріалами, дозволяє повністю запобігти контакту «метал-метал», синтезуючи в місцях контакту захисний шар, що володіє властивостями металокераміки, відновлює і зміцнює поверхню, зупиняє знос тертьових пар, володіє довговічним ефектом. ФорсанТМ - це складна мінеральна композиція, вводиться між поверхнями тертя за допомогою носія (оливи, фреону, антифризу і т.д.). Синтез металокерамічного захисного шару відбувається за рахунок наявності в ФорсанТМ особливо чистої фуллереної композиції, яка очищує поверхню тертя і формує на ній МКЗС.

Аналог російського препарату - український «Хадо». Це дрібнодисперсна, багатоконпонентна суміш мінералів з добавками каталізаторів, сумісна з будь-якими видами олив і використовує їх як носій, не є присадкою.

Крім добавок, що впливають на трибологічні властивості системи змащення, є спеціальні добавки, які призначені покращувати миючі властивості олив, відновлювати властивості стандартного пакета присадок олив, наприклад реаніматори в'язкості і термічної стійкості моторної оливи.

Миючі добавки виготовляються двох типів:

- для регулярного використання перед кожною заміною оливи. Такі композиції містять компоненти, які не тільки видаляють шлак і осади, але і нейтралізують кислоти і зменшують знос;

- найбільшою зручністю в застосуванні володіють добавки - промивки, що отримали назву «п'ятихвилинок». Після заливки препарату в оливу промивка триває від 5 до 20 хв.

Останнім часом спостерігається комплексний підхід до створення добавок. До їх складу входять, як правило, миючі, антифрикційні, що підвищують в'язкість, антикорозійні з'єднання, а також детергенти, які запобігають відкладанню і дисперсанти, які підтримують продукти згоряння в підвішеному стані. Для різних типів олив і змащувальних систем розроблені і різні види добавок. Новим у цьому напрямку вважається розробка добавок з використанням принципів нанотехнології, тобто речовини (добавки) містять у своєму складі активні функціональні наноматеріали, наночастинки або формують на поверхні тертя захисні наноструктурні шари, що запобігають зносу деталей (рис.6).



**Рис. 5. Протизносні та протизадирні добавки**

Однак, для введення до товарної оливи добавок і присадок необхідне дороге спеціальне обладнання. Окрім цього не всі присадки сумісні між собою, що може призвести в одному випадку до ефекту – синергізму, а іншому до ефекту – антагонізму. Виходячи із літературних джерел, відомо, що мінеральні і біологічні оливи добре змішуються. Тому необхідно провести триботехнічні дослідження по встановленні відсоткового співвідношення біологічної і мінеральної оливи та визначити оптимальний склад багатофункціональної присадки, яка відповідала умовам роботи гідросистем.

Використання триботехнічних матеріалів (добавок) до оливи дасть змогу:

1. При виготовленні машин економити метал (15...29%) за рахунок більшої вантажопідйомності (в 1,5...2 рази) пар тертя.
2. Збільшити термін роботи машини (в 2 рази), скоротити період припрацювання двигунів (в 3 рази) і редукторів (в 10 раз), відповідно скоротити витрати електроенергії.
3. В підшипниках кочення і ковзання зменшити витрати змащувальних матеріалів (до 2 разів).
4. Підвищити ККД глобoidних редукторів з 0,7 до 0,85, гвинтової пари з 0,25 до 0,5.
5. Збільшити економію дорогостоячих металів (у 2...3 рази) за рахунок забезпечення надійності пар тертя.

**Список використаних джерел**

1. Журавель Д.П., Новік О.Ю., Бондар А.М., Петренко К.Г. Триботехніка. Курс лекцій з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 280 с.
2. Журавель Д.П. Моделювання процесів зміни кількісних і якісних показників моторних масел при їх використанні. *Праці ТДАТА*. Вип.2, т.14. Мелітополь, 2000. С. 37-40.
3. Дидур В. А., Журавель Д.П. Надежность мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биологических топливо-смазочных материалов. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / НУБіП ; відп. ред. Д. О. Мельничук. К., 2016. № 251. С. 69-78.
4. Журавель Д. П. Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. Вісник Сумського національного аграрного університету / СНАУ. Суми, 2016. Вип. 10/3(31). С.66-71.
5. Журавель Д. П. Методологія забезпечення надійності мобільної техніки при використанні біологічних ТСМ. Енергозабезпечення технологічних процесів в агропромисловому комплексі України: матер. VI Міжнар. наук.-техн. конф. / ТДАТУ. Мелітополь, 2015. С. 8-10.
6. Журавель Д. П. Забезпечення надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник тез доповідей XVII міжнародної наукової конференції / СНАУ. Суми, 2016. С. 163-164.
7. Журавель Д. П. Моделирование триботехнических процессов в сопряжениях автотракторных двигателей. Отраслевое машиностроение. *Труды ТГАТА*. Вип. 1, т.6. Мелітополь, 1998. С. 38-43.
8. Журавель Д. П. Метод оценки состояния триботехнических свойств моторных масел. Отраслевое машиностроение. *Труды ТГАТА*. Вип.1, т.13. Мелітополь, 1999. С. 65-67.
9. Журавель Д. П. Методологія підвищення надійності сільськогосподарської техніки при використанні біопально-мастильних матеріалів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Тавр. держ. агротехнол. ун-т. Мелітополь, 2018. 44 с.



УДК 631.3.001.5

## ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ СИСТЕМНОСТІ РОЗРОБКИ ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Роговський І.Л. к.т.н., с.н.с.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.*

При реформуванні агропромислового комплексу, роздержавлення і приватизації підприємств технічного обслуговування особливу актуальність набуває проблема створення системи засобів технологічного оснащення, яка повинна відповідати ступеню наукового обґрунтування і ефективністю використання в теперішніх умовах [1,2]. Принципова схема системності розробки засобів технологічного оснащення технічного обслуговування наведено на рис.1. Вбачається, що запропонований методичний підхід повинен базуватись на принципах системності і фундаментальних дослідженнях методів визначення технічного стану сільськогосподарських машин, їх технічного обслуговування, зберігання, транспортування, способів розбиральних і регулювальних робіт, очищення від забруднення тощо.

Групування об'єктів технічного обслуговування рекомендується проводити за такими признаками: повнокомплектні машини – за їх функціональним призначенням (трактори, комбайни, автомобілі); агрегати, вузли і деталі – за їх призначенням в системах машин і спільності конструктивно-технологічних властивостей. Результатом є типізація об'єктів технічного обслуговування (далі – ТО) і виявлення типових комплексних їх представників, які потребують застосування ідентичних видів ТО впливу [3-5].

Групування однотипних технологічних процесів і операцій ТО відбувається через дослідження потреби комплексних представників об'єктів ТО в обслуговуючому впливі, визначення кількісних характеристик процесів і операцій і їх типізація.

Аналіз і групування засобів технологічного оснащення підприємств, що випускаються серійно, – максимальна систематизація, об'єднання подібних об'єктів ТО, технологічних процесів і операцій з метою встановлення мінімально необхідної номенклатури засобів. В закінченні формується єдиний системний документ, який регламентує потребу для повного технічного оснащення підприємств (служб, підрозділів) ТО відповідною номенклатурою засобів і дозволяє визначити пріоритетність їх розробки і виготовлення на перспективу. Ефективна організація ТО машин неможлива без сучасної матеріально-технічної бази.

Як правило стаціонарні пункти ТО створюються на станах бригад і відділень.



**Рис. 1. Схема системності розробки засобів технологічного оснащення технічного обслуговування.**

До недоліків існуючих пунктів технічного обслуговування можна віднести: відсутність чіткого місця (дільниці) ТО, оглядових ям,

оливороздавальних установок, компонування виробничих цехів і відділень розрахована, головним чином, на поточну організацію робіт, яка в умовах бригади не прийнятна і практично не існує. При розробці планувальних не враховувались конкретні умови, в яких знаходяться майстерні різних ґрунтово-кліматичних зон, і, як наслідок, передбачено багато зайвого обладнання і не врахований типаж машин на перспективу. З причини відсутності удосконалених і недорогих типових проектів, як центральних, так і простих майстерень підприємств АПК спонукає будувати нетипові споруди за власними, як часто, дуже примітивними проектами (використання гаражних і складських приміщень).

Створюючи базу ТО в агропромисловому підприємстві, необхідно враховувати специфіку таких підприємств; розкид об'єктів, які обслуговуються, різномарочність парку машин, сезонність роботи машин, виконання різних об'ємів механізованих робіт як окремими машинами, так і господарствами в цілому, різних ступінь зношування машин при однаковому наробітку і різних ґрунтово-кліматичних зонах. Всі ці особливості потребують дуже обережного підходу до вибору бази ТО із врахуванням їх оптимального завантаження.

З розвитком багатокладності агропромислових підприємств і фермерства важливе значення набуває застосування мобільних агрегатів технічного обслуговування сільськогосподарських машин, з функціями визначення технічного стану та усунення несправностей в польових умовах або безпосередньо в фермерських господарствах. До початку 90-х років минулого сторіччя на підприємствах АПК випускалось значне число таких пересувних засобів. Однак порушення зв'язків, різке подорожчання вартості шасі машин і комплектуючих виробів, скорочення діяльності сервісних служб призвело до різкого зниження як виробництва, так і попиту на них.

Представляється доцільним після проведення відповідних маркетингових досліджень приступити до розробки нового мобільного агрегату технічного обслуговування, що відповідає сучасним вимогам. Конструкція агрегату повинна забезпечувати: виконання в повному обсязі щозмінного ТО, ТО-1 і ТО-2 всіх марок тракторів, комбайнів та іншої сільськогосподарської техніки; можливість усунення несправностей машин в польових умовах; нанесення антикорозійних і лакофарбових покриттів при постановці техніки на зберігання; екологічний контроль навколишнього середовища; збільшення номенклатури нафтопродуктів і технологічних рідин, що перевозяться; підвищення рівня автоматизації та якості технічного обслуговування, зниження його трудомісткості, покращення умов праці майстра-налагоджувальника; виключення втрат та забруднення олив, рідких та пластичних мастил. Агрегат повинен бути на відносно недорогому мобільному транспортному засобі із застосуванням контейнерного типу компонування для

визначеної специфіки споживача. Для цього необхідно освоїти транспортний засіб нового покоління, який має забезпечити зменшення питомих витрат палива на 15-20 %, праці в 1,5-1,8 рази, сприятливі комфортні умови роботи слюсарів та вплив на довкілля в межах допустимих міжнародними стандартами (не нижче Євро-3). Для успішного вирішення цих завдань необхідно:

- здійснити техніко-технологічне переоснащення підприємств галузі сільськогосподарського машинобудування, забезпечивши перехід до гнучких економічних технологій;

- законодавчо врегулювати створення спільних із зарубіжними фірмами підприємств з виготовлення уніфікованої елементної бази і компонентів конструкцій засобів технологічного оснащення ТО с.-г. техніки нового покоління;

- освоїти на підприємствах металургійного комплексу виробництво конструкційних матеріалів і металопрокату високої міцності і зносостійкості;

- удосконалити систему розроблення конструкторської та експлуатаційної документації за рахунок автоматизації процесу конструювання та переходу на блочно-модульний принцип побудови конструкцій мобільних агрегатів ТО машин для АПК;

- запровадити систему лізингу мобільних агрегатів ТО машин для АПК або державної підтримки через 30% відшкодування їх вартості.

*Висновки.* Запровадження запропоновано методичного підходу дозволяє за сучасної структури машинобудування для АПК, стану його матеріально-технічної бази і фінансового забезпечення створити передумови освоєння конкурентноздатних мобільних агрегатів ТО сільськогосподарських машин.

#### *Список використаних джерел*

1. Rogovskii I. Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. MOTROL. Lublin. 2016. Vol. 18, No 3. 155-164.

2. Rogovskii I. Analytical provision of regular preventive maintenance of agricultural machinery and system implementation. MOTROL. Lublin. 2017. Vol. 19, No 3. P. 185-191.

3. Rogovskii I. Choice of model class and method of modeling the resilience of agricultural machinery. ТЕКА. Lublin–Rzeszów. 2017. Vol. 17, No 3. P. 101-114.

4. Rogovskii I. L. Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 3. P. 181-187.

5. Rogovskii I. L. Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 4. P. 145-150.

УДК 621.565

## ДИАГНОСТИКА СПИРАЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ МОЛОКО-ОХЛАДИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Сапожников Ф.Д., к.т.н., доцент

Швед И.М.

Назаров Ф.И.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

**Постановка проблемы.** Спиральные компрессоры с каждым годом находят все большее применение в молокоохладительных установках. Это обусловлено тем, что они более надежны в эксплуатации, содержат на 40% меньше деталей, чем поршневые, производят меньше шума и имеют больший ресурс эксплуатации. В отличие поршней, подвижная спираль может быть идеально уравновешена и работать без вибрации. Спиральные компрессоры, имея меньше движущихся частей по сравнению с поршневыми компрессорами, обеспечивают их большую надежность. Однако, как показывает практика, спиральные компрессоры иногда преждевременно выходят из строя.

**Основные материалы исследования.** Внешние диагностические признаки отказов спиральных компрессоров в процессе эксплуатации – отсутствие вращения при запуске и металлические звуки и стуки. Первый вид отказов в период эксплуатации происходит по причине нарушения электропитания (отсутствие одной фазы или перекос фаз, выход из строя магнитных пускателей), защитных устройств компрессора (датчика уровня масла, тепловой и токовой защиты, реле контроля фаз, блока управления температурным режимом). Второй вид отказов спиральных компрессоров вызван нарушениями правил их эксплуатации обслуживающим персоналом. Как известно, основными деталями спирального компрессора является подвижная и неподвижная спирали, причем обе спирали одинаковы (рис. 1).

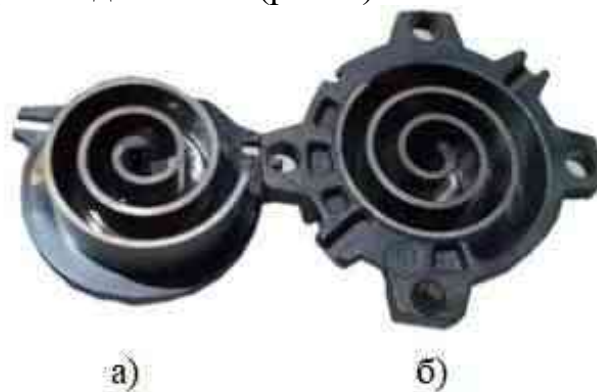
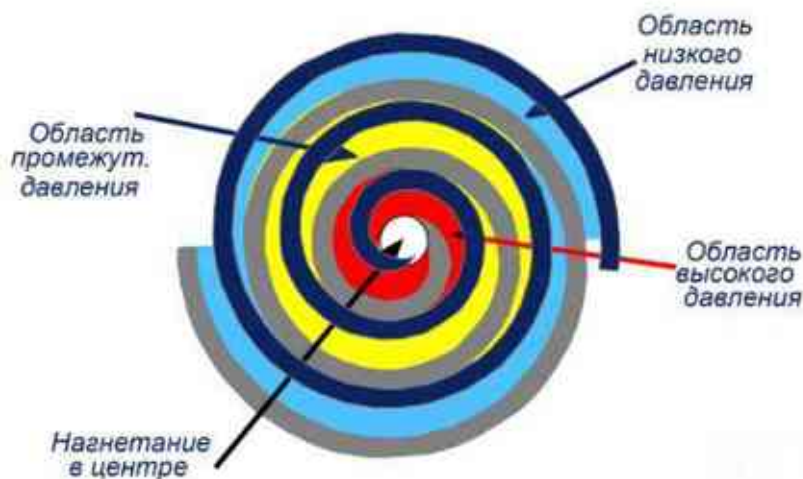


Рис. 1. Спирали компрессоров: а – подвижная; б – неподвижная



Подвижная спираль совершает эксцентрично-колебательное движение внутри неподвижной спирали. Хладагент, захватываемый из периферии спиралей, сжимается порциями и движется к центру, достигая максимального давления при смыкании спиралей, после чего выталкивается через отверстие в неподвижной спирали (рис. 2) [2].



**Рис. 2. Области давлений в межспиральном пространстве компрессора**

Вал спирального компрессора должен вращаться только в одном направлении. Обратное его вращение во время остановки компрессора вызывает металлический звук и стук. Другие диагностические признаки обратного вращения спиралей: давление на всасывании не падает до нужного уровня; давление на нагнетании не растет до нужного уровня; рабочий ток меньше указанного в каталоге; компрессор отключается спустя несколько минут работы; срабатывает встроенная защита. Длительное обратное вращение в итоге может привести к поломке спирального блока: маленький расход газа недостаточен для отведения тепла при отключенной защите.

В начальный период запуска холодильной установки необходимо проверить направление вращения спиралей, которое определяется по манометрам на нагнетательной и всасывающей стороне.

Спиральные компрессоры чувствительны к загрязнению перекачиваемого газа, так как мелкие частицы оседают на поверхности спирали, снижая герметичность рабочей камеры. На линии всасывания следует использовать фильтры с сердечником из 100% активированного алюминия. Такой фильтр подлежит замене после 72 часов работы. Следует использовать в отделителях жидкости (на всасывании) и в терморегулирующем вентиле фильтры с ячейками минимально допусти-

мого размера. Ячейки должны задерживать такие частицы, которые могут перекрыть отверстие терморегулирующего вентиля. Частицы меньшего размера не смогут причинить ущерба [1].

Перед запуском холодильную установку вакуумируют. Вакуумирование системы только со стороны всасывания спирального компрессора может привести к тому, что компрессор временно не будет запускаться. Причина этого состоит в том, что при повышении давления на плавающее уплотнение возможно сцепление его со спиралью. Следовательно, до полного выравнивания давления плавающее уплотнение и спираль будут плотно прижаты друг к другу. А вот падение давления на всасывании может стать причиной перегрева и открытия термодиска. Однако поток газа может быть недостаточный для быстрого срабатывания защиты, в результате – выход компрессора из строя из-за перегрева.

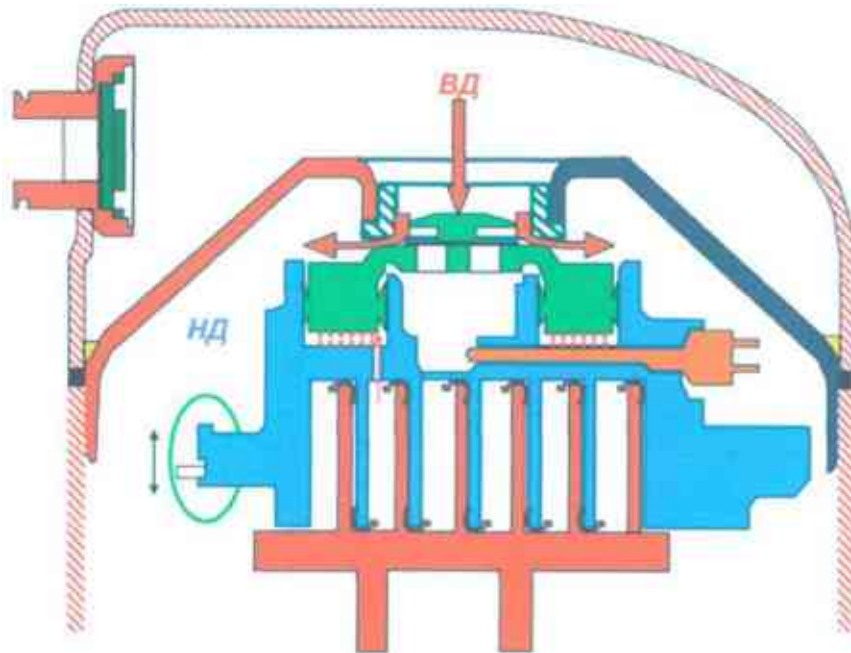
Для защиты компрессора от работы «под вакуумом» следует применять реле низкого давления. Плавающее уплотнение обеспечивает защиту от работы «под вакуумом». Компрессор перестанет сжимать при превышении степени сжатия 10. Работа компрессора «под вакуумом» запрещается, так как она способствует образованию электрической дуги на металлических деталях проходных контактов и, как следствие, отказу компрессора [2].

Опасные режимы (степень сжатия выше 20) для компрессоров (расчет по абсолютному давлению) вызваны тремя причинами. Первая из них – это слишком «глубокая» откачка паров перед остановкой (установка реле низкого давления слишком малая). Вторая причина вызывается тем, что установка реле высокого давления слишком высока при очень высокой температуре конденсации. Третья причина – ледяная пробка в терморегулирующем вентиле (из-за влаги в контуре). Спиральный компрессор способен бесперебойно работать в различных неблагоприятных условиях (зависит от компоновки и условий эксплуатации системы) благодаря двум видам согласования: осевому и радиальному.

Осевое согласование позволяет механическим частям (спиралью и подшипникам) разгружаться в случае очень высокой степени сжатия (выше 20). Первая ступень разгрузки спиралей создает внутренний частичный байпас сжатого газа в область низкого давления вверх торцов спиралей.

Вторую ступень разгрузки осуществляет плавающее уплотнение. Плавающее уплотнение подходит к положению, близкому к остановке. Байпас полный, минуя спиральный блок. Эта система разгрузки самонастраивающаяся: механические части возвращаются в положение нормальной работы, как только степень сжатия становится ниже 20. Уплотнение отжимается в осевом направлении вниз, пропуская газ из

области высокого давления в область низкого давления. Отжимается также вверх в осевом направлении неподвижная спираль (рис. 3).



**Рис. 3. Осевое согласование в положении «Чрезмерное давление»**

Вращающаяся спираль контактирует с неподвижной спиралью во время работы компрессора. До начала работы боковые поверхности спиралей не соприкасаются друг с другом. В случае залива жидкостью или попадания механических частиц позволяет вращающейся и неподвижной спиральям разъединяться в горизонтальном направлении.

Спиральный компрессор допускает лишь кратковременное и небольшое попадание жидкого хладагента или масла. Поэтому вероятна возможность гидравлического удара для него. Результатом гидравлического удара является разрушение спиралей компрессора ввиду невозможности сжатия ими жидкости. Сначала разрушается подвижная спираль, затем неподвижная и потом муфта Ольдгейма.

Если компрессор немедленно не остановить, то будет продолжаться дальнейшее разрушение деталей, находящихся в области сжатия. В результате появления металлических частиц может произойти повреждение электродвигателя.

Также для предотвращения гидроудара при пуске спирального компрессора необходимо обязательно использовать наружный поясковый ТЭН подогрева картера. Подогреватель должен быть включен за 12...14 часов до включения в работу компрессора.

Значительный залив жидкостью в переходные периоды возможен по следующим причинам. Первая причина – это пуск после длительной стоянки в холодном помещении. Вторая причина – это возвращение в

режим охолодження після розморозки. Из-за частого включення и коротких периодов работы компрессора происходит вынос масла в систему, что влечет за собой недостаток смазки. Хотя на спирали компрессора требуется подавать мало масла, оно покидает компрессор при пуске. Короткие периоды работы компрессора затрудняют возврат масла в него и, как следствие, вызывают недостаток смазки. Чрезмерный залив хладагента разжижает масло, вызывая выход из строя подшипников недостаточной смазкой.

Следует исключать из практики заправку холодильного контура хладагентом в контур лишь высокого или низкого давления. Причина заключается в плотном соприкосновении краев спиралей друг с другом и, как следствие, усиленном осевом их контакте из-за быстрого повышения давления всасывания без одновременного увеличения давления со стороны нагнетания. В результате до момента выравнивания давлений подвижная и неподвижная спирали могут прижиматься торцами, препятствуя вращению.

Для обеспечения достаточной смазки, с одной стороны, важно особенно внимательно следить за минимальной разницей между температурой внизу корпуса и температурой кипения. С другой стороны, максимальная температура снизу корпуса не должна превышать  $93^{\circ}\text{C}$ . Измеряется данная температура вблизи самой нижней точки по центру компрессора. Верхняя часть компрессора и линия нагнетания могут кратковременно нагреваться до температуры  $175^{\circ}\text{C}$  (при срабатывании встроенной защиты компрессора). Температура линии нагнетания:  $135^{\circ}\text{C}$  недопустимая;  $120^{\circ}\text{C}$  – опасность коксования масла; меньше  $110^{\circ}\text{C}$  – желательная. Для увеличения продолжительности срока службы компрессора необходимо ограничивать время его работы при температуре нагнетания более  $120^{\circ}\text{C}$ .

**Выводы.** Диагностическими параметрами спиральных компрессоров являются: а) допустимый нагрев корпуса; б) уровень шума при работе; в) допустимое наличие масла.

Качество монтажа холодильной установки, как правило, проявляется в начальный период эксплуатации. В этот период необходимо произвести дополнительную настройку защиты компрессора, регулировку терморегулирующего вентиля, дозаправку системы, замену фильтров, что в дальнейшем обеспечит бесперебойную работу холодильного агрегата. Необходимо использовать в отделителях жидкости (на всасывании) и в терморегулирующем вентиле фильтры, ячейки которых задерживают механические частицы, перекрывающие отверстие терморегулирующего вентиля. Минимальный размер ячейки –  $0,59$  мм.

Заправку хладагентом следует проводить одновременно в контуры высокого и низкого давления холодильного агрегата. Такая процедура предотвращает «слипание» спиралей в осевом направлении. Чрезмер-

ный залив хладагента разжижает масло, вызывая выход из строя подшипников недостаточной смазкой. Для предупреждения гидравлического удара необходимо устанавливать в систему отделитель жидкости на стороне низкого давления и обратный клапан на линии нагнетания.

Необходимо предусматривать установку таймера по частоте включения компрессора (количество пусков/остановок должно быть ограничено 10 циклами в час). Термостат на линии нагнетания располагается на расстоянии 12 см. от нагнетательного вентиля компрессора. При срабатывании по температуре существует временная задержка 30 минут.

Подогреватель картера должен быть включен за 12...24 часа до предполагаемого пуска компрессора.

### *Список литературы*

1. Бабакин, Б.С., Выгодин В.А. Спиральные компрессоры в холодильных системах: Монография. Рязань: «Узорочье», 2003. 379 с.
2. Спиральный компрессор Copeland: принцип действия и устройство URL: [//www.c-o-k.ru/images/library/water-marked/cok/235/23565/9b59cad120a24701924f1e53b4cbcf4.pdf](http://www.c-o-k.ru/images/library/water-marked/cok/235/23565/9b59cad120a24701924f1e53b4cbcf4.pdf) – Дата доступа: 08.10.2020.



УДК 631.31

## ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ БОРВМІСНОЇ СТАЛІ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН

Борак К. В.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Кравченко Ю. О.<sup>1</sup>, магістрант,  
Левківський О. О.<sup>1</sup>, магістрант,  
Менчинський Ю. Б.<sup>1</sup>, магістрант,  
Коцюба І. І.<sup>1</sup>, магістрант,  
Соболь А. А.<sup>1</sup>, магістрант

<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

**Постановка проблеми.** В Україні більшість деталей ґрунтообробних машин, які працюють безпосередньо в ґрунті виготовляють з ресорно-пружинної сталі 65Г. В останні роки намітилась тенденція по заміні даної сталі для деталей ґрунтообробних машин на якісні зносостійкі борвмісні сталі. До 2016 року борвмісна сталь в повному обсязі експортували з країн Європейського союзу (Шведція, Італія, Іспанія). Деякі виробники в Україні експортували не тільки сталевий прокат, а також і деталі виготовлені з цієї сталі. З 2015 року в Україні налагоджено випуск борвмісної сталі на підприємствах ММК імені Ілліча та «Азовстально» відповідно до Європейських стандартів EN ISO 10083-3 та EN ISO 683-2:2018. Асортимент борвмісної сталі, які почали виплавляти в Україні налічує три марки: 30MnB5, 38MnB5 та 27MnCrB5. Виробники запевняють, що деталі які працюють в умовах абразивного зношування і виготовленні з якісної борвмісної сталі мають в 2...3 рази вищий ресурс в порівнянні з деталями, які виготовлені зі сталі 65Г. Для підтвердження або спростування даних тверджень необхідно провести відповідні експлуатаційні дослідження.

**Основні матеріали дослідження.** Хімічний склад матеріалів деталей ґрунтообробних машин, які були задіяні під час дослідження представлені в табл. 1

Таблиця 1

Хімічний склад сталей, які використовувались під час досліджень.

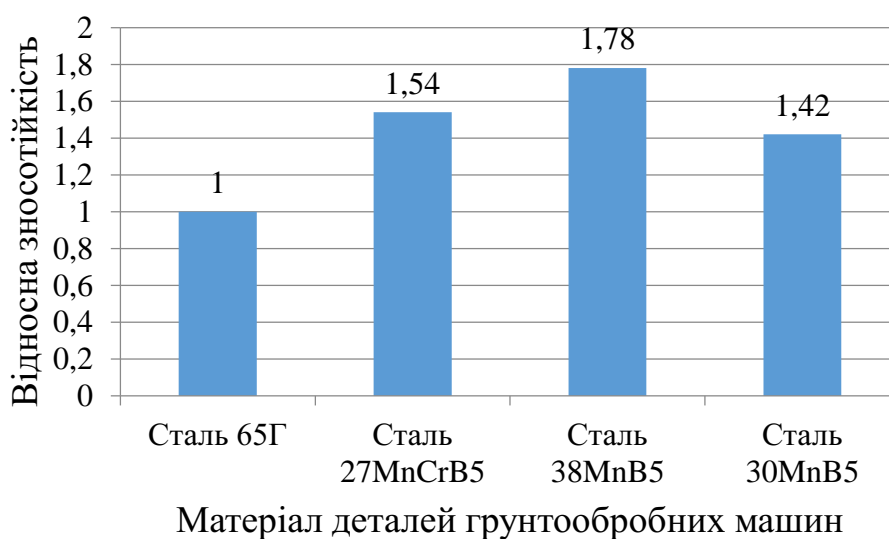
Сталь	C	Si	Mn	P	S	Cr	B	Cu	Fe
27MnCrB5	0,24-0,3	< 0,4	1,1-1,4	<0,025	<0,035	0,3-0,6	0,0008-0,005	-	інше
38MnB5	0,39-0,42	< 0,4	1,15-1,45	<0,025	<0,035	-	0,0008-0,005	-	інше
30MnB5	0,27-0,33	< 0,4	1,15-1,45	<0,025	<0,015	-	0,0008-0,005	-	інше
65Г	0,62-0,7	0,17-0,37	0,9-1,2	<0,035	<0,035	<0,25	-	<0,2	інше

Для проведення порівняльних випробовувань були виготовлені суцільні диски для другого ряду дискової борони БДВП-7,2 (рис. 1). Дослідження проводили в умовах Бердичівському районі Житомирської області на суглинкових ґрунтах в весняно-літній період 2019 року.



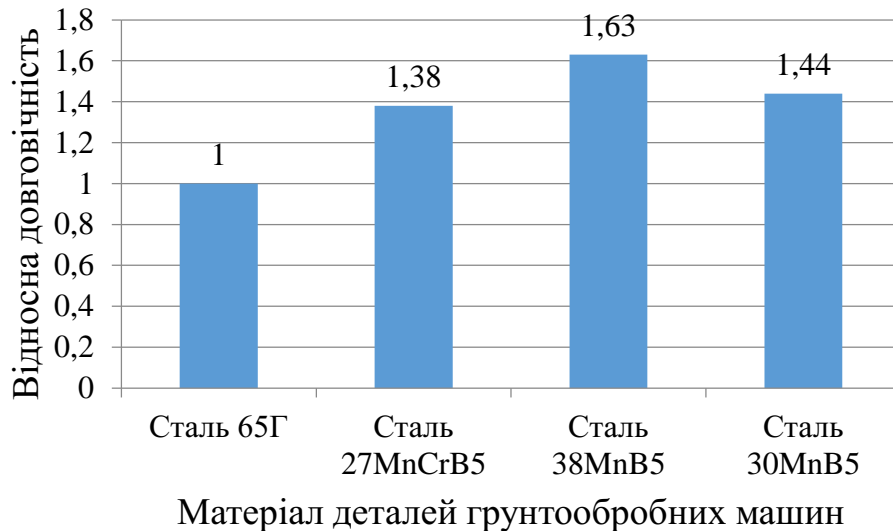
**Рис. 1.** Дискова борона БДВП-7,2 під час досліджень.

Величину інтенсивності зношування визначали ваговим методом на вагах ВТД-ЕЛ1 F902Н-3ЕД1. Результати досліджень представлені на рис. 2.



**Рис. 2.** Відносна зносостійкість дисків борони БДВП-7,2, виготовлених з різних матеріалів.

В результаті досліджень встановлено, що диски виготовлені з якісних борвмісних сталей володіють зносостійкістю в 1,42...1,78 разів більшу за диски, які виготовлені зі сталі 65Г. Зносостійкість деталей не являється об'єктивним показником надійності, саме тому були проведені дослідження на довговічність деталей ґрунтообробних машин виготовлених з різних матеріалів (рис. 3). Довговічність визначали по напруженню до граничного стану.



**Рис. 3. Відносна довговічність дисків борони БДВП-7,2, виготовлених з різних матеріалів.**

Відносна довговічність дисків виготовлених з якісної борвмісної сталі в 1,38...1,63 рази більша за довговічність дисків виготовлених зі сталі 65Г. Менші значення відносної довговічності порівняно з відносними значеннями зносостійкості пов'язано зі здатністю сталі 65Г до підвищення твердості поверхні в результаті утворення вторинних структур на поверхні тертя.

**Висновки.** Довговічність деталей машин виготовлених зі борвмісних сталей, які працюють в умовах абразивного зношування вище в 1,38...1,63 рази порівняно зі сталлю 65Г. Заявлені виробниками сталі показники підвищення довговічності в 2...3 рази не відповідають дійсності.

УДК 62-192(75)

## ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ НАДІЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Шокарев О.М., к.т.н.,

Кабанов О.І., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Забезпечення високого технічного рівня і конкурентоздатності сільськогосподарської техніки. Одним із визначальних чинників конкурентоздатності сільськогосподарської техніки є надійність. Її значення особливо зросло з підвищенням одиничної потужності енергозасобів і їх робочих швидкостей, застосуванням широкозахватних агрегатів і комбінованих машин.

Підвищення надійності тракторів і сільськогосподарських машин фірми-виробники досягають завдяки таким чинникам.

1) Удосконалення методів конструювання з використанням комп'ютерних систем, відпрацювання конструкцій різних вузлів і деталей на стадії проектування, перевірка їх надійності до початку виробництва.

2) Застосування в конструкціях машин достатньо відпрацьованої високо-надійної елементної бази.

3) Застосування нових високоякісних конструкційних матеріалів для виготовлення деталей, вузлів і базових елементів машин.

4) Удосконалення технологій виробництва і контроль якості матеріалів, комплектуючих і виготовлення машин на всіх етапах виробництва.

Заводи сільськогосподарського машинобудування та їх суміжники забезпечені сучасним обладнанням і висококваліфікованими кадрами. У них розроблені та діють комплекси заходів, спрямованих на забезпечення високої якості продукції. Одним із найважливіших заходів є всеохоплюючий контроль. Він починається з перевірки сировини, заготовок деталей і вузлів, які надходять від партнерів. Головний елемент системи забезпечення високої якості полягає в ретельному контролі за дотриманням технологічних регламентів, станом обладнання та інструментів, в точному дотриманні технічних норм на всіх стадіях виробництва. Деталі, виготовлені на самому підприємстві, проходять перевірку на високоточному обладнанні, забезпеченому комп'ютерами. Отримані статистичні дані опрацьовуються та аналізуються. За результатами аналізу, у разі потреби, вживають відповідних заходів. Перевірці підлягає якість обробки поверхонь. Після термообробки перевіряють якість загартовування валів і шестерень методами неруйнівного контролю і

приладами для виявлення тріщин ультразвуком та іншими методами. Кожна партія відлитих деталей вибірково перевіряється на точність дотримання розмірів і координат.

Комп'ютерному контролю піддається й обладнання, на якому виготовляють деталі. На спеціальних стендах перевіряють трансмісії у цілому, гальма, вали відбору потужності (ВВП), механізм диференціала, електронну систему управління начіпними механізмами. Така система контролю забезпечує фірмам можливість гарантувати тривалу роботу машин без відмови. Фірми John Deere, Case-ІН, Ford, Massey Ferguson та інші довели моторесурс двигунів до 12000 мото-годин. Наробіток на відмову у багатьох марок тракторів становить 1000 год і більше, а у зернозбиральних комбайнів понад 100 год.

Як одну з особливостей розвитку сільськогосподарського машинобудування доцільно відзначити значні обсяги інвестицій у дослідно-конструкторські роботи, що забезпечує високі темпи впровадження у виробництво ефективних конструкторських і технологічних рішень. За даними фірми John Deere, її витрати на дослідно-конструкторські роботи становлять понад \$2 млн на день.

Аналіз конструкцій сільськогосподарської техніки провідних фірм свідчить, що в них широко застосовують засоби автоматизації, електроніку і комп'ютери.

Досягнення в галузях електроніки та комп'ютерної техніки дістали застосування в усіх групах машин, які використовують у сільському господарстві: тракторах, ґрунтообробних і посівних машинах, обприскувачах, техніці для збирання урожаю. У конструкціях сільгоспмашин засоби автоматизації виконують різні функції

1. Контрольно-інформаційні, що забезпечує поліпшення техніко-економічних показників машинно-тракторних агрегатів, підвищення якості виконання технологічних операцій, поліпшення умов праці оператора.

2. Управління режимами роботи вузлів, систем трактора чи машинно-тракторного агрегату в цілому (управління нормами внесення добрив, засобів захисту рослин, шириною захвата плуга, швидкістю руху агрегату тощо).

Підвищення ефективності робіт із забезпечення механічної надійності сільськогосподарської техніки вимагає застосування загальної методології проведення прискорених випробувань, моделювання закономірностей виникнення механічних відмов і вдосконалення методів прогнозування та забезпечення надійності ресурсовизначаючих елементів.

Побудова такої методології включає наступні етапи:

- аналіз основних видів і узагальнення закономірностей виникнення механічних відмов машин і засобів механізації сільськогосподар-



ського виробництва, сучасних методів проведення випробувань на надійність, моделей прогнозування та методів забезпечення механічної надійності сільськогосподарської техніки;

- розробка та обґрунтування методів випробувань, які забезпечують прискорені оцінки працездатності з прогнозуванням показників механічної надійності ресурсовизначаючих елементів;

- вдосконалення системи моніторингу надійності і методів прикладного статистичного аналізу інформації, адаптованих до умов випробувань і експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки;

- створення спільних методів побудови імовірнісних моделей механічної надійності, які відповідають закономірностям виникнення відмов машин і обладнання сільськогосподарського виробництва;

- розробка інверсійного методу аналізу і визначення еквівалентних навантажень на елементи сільськогосподарських машин з використанням експлуатаційної інформації;

- розвиток методів прогнозування безвідмовності і обґрунтування заходів попередження раптових механічних відмов елементів і систем сільськогосподарської техніки;

- вдосконалення методів прогнозування та забезпечення показників втомної довговічності елементів сільськогосподарських машин, працюючих в умовах багаторежимного навантаження.

Наявність загальної методології забезпечення механічної надійності закладає основи для формування та ефективного функціонування комплексної інформаційно-методичної системи моделювання, прогнозування і забезпечення механічної надійності машин і засобів механізації сільськогосподарського виробництва. кінцевими продуктами такої системи можуть бути загальнодержавні та галузеві нормативні документи різного рівня і призначення: від стандартів і керівних нормативних документів з технічними умовами на виготовлення. В сучасних умовах значної втрати накопиченого в минулому досвіду і недостатньої кваліфікації інженерних кадрів цей шлях повинен сприяти процесу відродження свого машинобудування, забезпечуючи належний рівень якості та конкурентоспроможності продукції.

Серед складових методології забезпечення механічної надійності машин відзначимо важливість розробки та вдосконалення методів випробувань, які дозволяють прискорено - експериментально оцінювати показники надійності дослідних зразків виробу.

У багатьох випадках прискорені випробування, проведені до початку серійного виробництва, дозволяють відпрацювати (доводити) конструкцію і технологію, забезпечуючи заданий нормативами рівень показників надійності. Багато в чому це дозволяє компенсувати брак досвіду і недостатній рівень науково-теоретичного обґрунтування технічних рішень при проектуванні.

Метод прискорених випробувань в граничних комбінованих режимах, теоретичне обґрунтування, дозволяє здійснювати прогноз ресурсних показників механічної надійності при поступових відмовах. Необхідною умовою проведення таких випробувань є попередній аналіз експлуатаційних режимів використання виробу та виявлення таких, які відрізняються найбільшою інтенсивністю накопичення пошкоджень. Це можливо тільки при наявності відповідної системи моніторингу надійності, підкреслює важливість комплексного підходу до проблеми її забезпечення. Після виявлення екстремально що ушкоджує режиму його відтворюють при випробуваннях в якості прискорює складової комбінованого режиму. Решта спектру експлуатаційних режимів утворює другу складову доповнює режим випробувань. Формуючи з цих двох складових кілька комбінацій і відтворюючи їх при випробуваннях, отримуємо можливість прогнозування за результатами випробувань ресурсних показників механічної надійності.

Крім експериментальних методів, при створенні надійної техніки важливо якісно використовувати етап її проектування, застосовуючи сучасні методи теоретичного аналізу конструкцій і комп'ютеризовані числові методи визначення напружено-деформованого стану елементів. Але досвід впровадження цих методів свідчить про те, що ймовірний прогноз механічної надійності в багатьох випадках обмежений неможливістю отримати при проектуванні інформацію про реальну навантаженість елемента в умовах експлуатації.

Тому склалося певне протиріччя між досконалістю теоретичних методів аналізу напружено-деформованого стану та їх комп'ютерної реалізації і невизначеністю розрахункових характеристик експлуатаційної навантаженості. Прогнозування ресурсних показників довговічності на стадії проектування вимагає можливості виконувати прогноз щодо всього розподілу ресурсу проектного об'єкта. складність практичного вирішення цієї проблеми насамперед полягає в тому, що для прогнозування повного розподілу ресурсу необхідно мати інформацію про навантаженість об'єкта не тільки в декількох типових режимах його використання, але слід узагальнити статистичне розсіювання реальних навантажень і інших чинників по всіх варіантах можливого повідомлення режимів.

Істотний вплив на розподіл довговічності багатьох елементів машин має широкий спектр кліматичних умов, в яких працює мобільна сільськогосподарська техніка. На ймовірність прогнозу розподілу довговічності впливає також і статистичне розсіювання характеристик опору руйнування матеріалів в умовах експлуатації об'єкта.

#### ***Список використаних джерел***

1. Болтянська Н. І. Забезпечення якості продукції у галузі сільськогосподарського машинобудування. Науковий вісник НУБіП України. Серія Техніка та енергетика АПК. 2014. Вип. 196, ч.1. С. 239-245.

2. A. Skliar, B. Boltyanskyi, N. Boltyanska, Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.

3. Болтянська Н.І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва шляхом підвищення рівня надійності техніки. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК»*. 2018. Вип. 282, ч.1. С. 181–192.

4. Boltyansky B., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.

5. Болтянський О.В. Використання нанотехнологій при безрозбірному сервісі автотракторної техніки. *Праці ТДАТУ*. 2011. Вип.11. Т.2. С. 97-102.

6. Болтянська Н.І. Зміни техніко-експлуатаційних показників МЕЗ під впливом на них надійності. *Вісник ХНТУСГ*. 2009. Вип.89. С. 106-111.

7. Болтянська Н.І. Підвищення довговічності вузлів тертя мобільної сільськогосподарської техніки застосуванням нанотехнологій. *Вісник ХНТУСГ*. 2012. Вип.128. С. 132-137.

8. Boltyanskaya N.I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. *Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition*. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.

9. Болтянський О.В. Використання різних критеріїв при визначенні кількості запасних частин. *Праці ТДАТА*. Вип. 36. 2006. С. 3-7.

10. Boltyanskaya N. I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. *Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko*. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.

11. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. *Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017*. P. 155–158.

12. Boltyanskaya N. I. The creation of optimal microclimate parameters in the conditions of growing shortage of energy in the pig industry. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of АПК*. Kiev. 2016. Vol. 254. 284-296.

УДК 681.5(07)

## ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ СУЧАСНИХ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Шокарев О. М., к.т.н.,

Болтянська Н. І., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Нинішня економічна ситуація на світовому паливному ринку веде до того, що відбувається подорожчання експлуатації автотранспорту. Все це змушує власників транспортних засобів звертати пильну увагу на їх оптимальний режим роботи, який в першу чергу залежить від грамотної діагностики його вузлів. Економія паливно-експлуатаційних ресурсів сучасного автомобіля безпосередньо залежить від оптимально вивірених параметрів роботи всіх вузлів і агрегатів автомобіля [1-4].

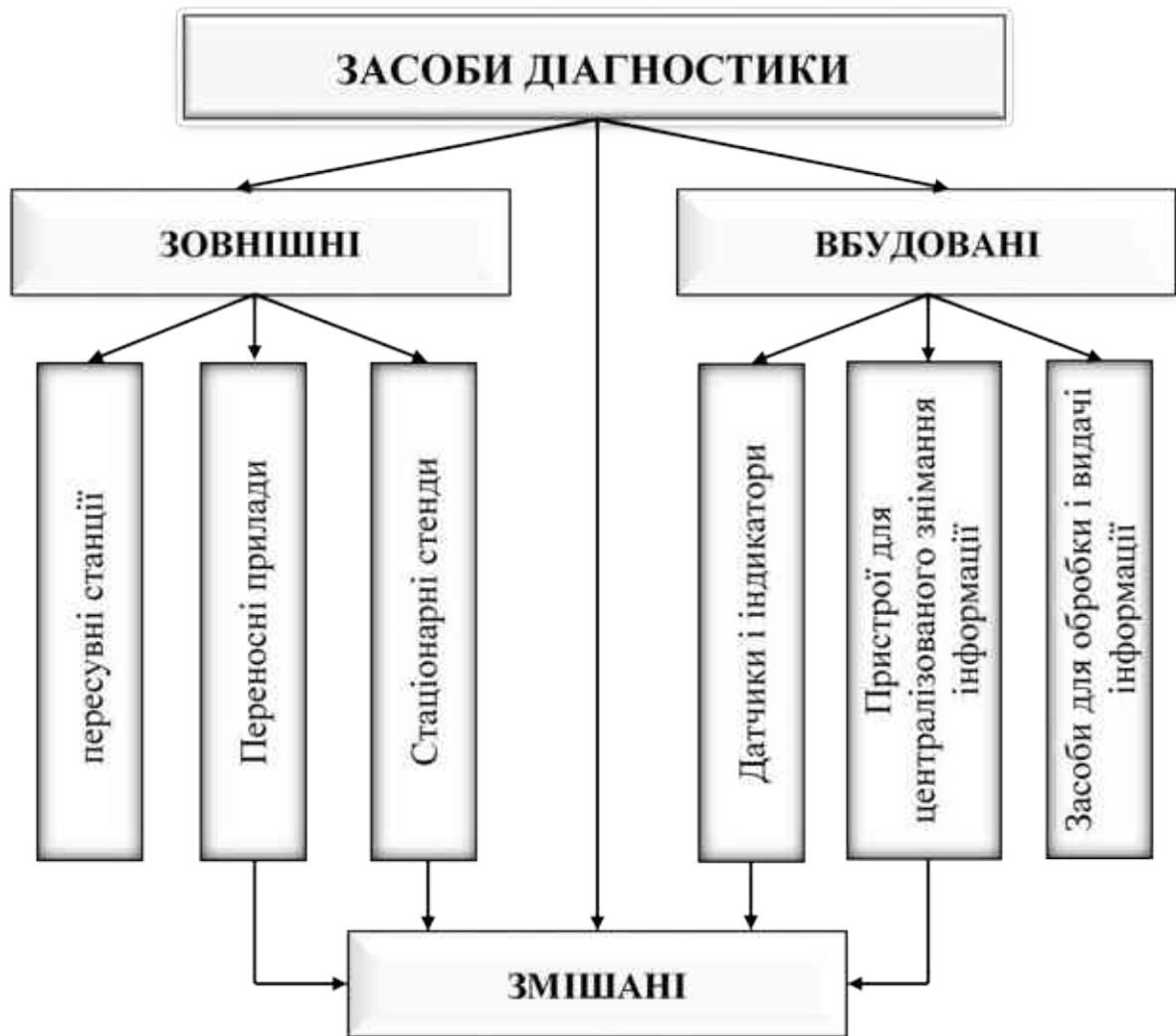
Технічна діагностика, як правило, складається з теорії, методів і засобів визначення технічного стану об'єктів. Метою технічної діагностики є визначення технічного стану об'єктів [5,6].

Діагностика включає в себе три основних етапи: фіксація відхилень діагностичних параметрів від їх номінальних значень; аналіз характеру та причини виникнення цих відхилень; встановлення величини ресурсу справної роботи. Для зовнішньої діагностики використовуються діагностичні комплекти обладнання, приладів і пристосувань, а також пости і ділянки діагностування на пунктах і станціях ТО. В даний час широкого поширення набули вбудовані засоби «бортового» діагностування машин. Їх перевагою є те, що вони дозволяють діагностувати автомобіль в процесі експлуатації [7-9].

На рис. 1 наведено класифікацію засобів діагностики автомобілів. Поєднання вбудованих і зовнішніх засобів діагностування підвищує рівень достовірності одержуваної інформації значно, що веде до зниження ймовірності пропуску відмов.

Залежно від технічних засобів і діагностичних параметрів, серед відомих сучасних методів діагностування, переважаюче використання має комп'ютерна діагностика.

**Комп'ютерна діагностика** автомобіля дозволяє робити тестування різних електронних систем і виконавчих механізмів автомобіля, що впливають на роботу бортових систем, а також виявити несправності, пов'язаних з роботою електронних систем автомобіля. На підставі отриманих даних складається діагностична карта несправностей для подальшого ремонту і усунення неполадок, пов'язаних з автомобільним електрообладнанням і виконавчими системами.



**Рис. 1. Класифікація засобів діагностики автомобілів**

Всі електронні бортові системи автомобіля оснащені системами самодіагностики. Ці системи необхідні для управління виконавчими механізмами автомобіля, безперервного тестування в момент запуску і роботи двигуна. Системи самодіагностики інформують про можливі несправності вузлів і агрегатів, а також відстежують міжсервісні інтервали і нагадують водієві про необхідність своєчасного проходження технічного обслуговування автомобіля.

Устаткування для комп'ютерної діагностики має підтримувати стандарти інтерфейсів, перераховані нижче в порядку від ранніх до більш пізніх:

ALDL і протокол для тестування модулів управління двигунів (ECM) – діагностична система автомобілів, розроблена фірмою General Motors

OBD-I – бортова діагностика, регулююча наміри спонукати авто-виробників, розробляти надійні системи контролю за викидами.

OBD-II – бортова діагностика, що надає повний контроль за двигуном. Дозволяє проводити моніторинг частин кузова і додаткових пристроїв, а також діагностує мережу управління автомобілем.



EOBD – Європейська бортова діагностична система, заснована на специфікації. Ця система була введена при розробці вимог моніторингу та скорочення викидів від автомобілів.

JOBD є версією II для автомобілів, проданих в Японії.

На сьогоднішній день існує велика кількість діагностичного обладнання. Станції технічного обслуговування автомобілів, як правило, використовують різні діагностичні адаптери, дилерські сканери і пристрої дилерського рівня, призначені для діагностики певної марки або групи авто. Все обладнання для діагностики легкових автомобілів ділиться на кілька груп: діагностичне обладнання, призначене для дилерської діагностики та діагностичне обладнання для мультимарочної діагностики машин.

**Діагностичне обладнання** для дилерської діагностики дозволяє здійснювати роботу з пошуку несправностей на найвищому технічному рівні.

**Мультимарочне обладнання** для діагностики автомобілів застосовується в автомобілях різних марок і моделей. Таке обладнання для діагностики має дуже широке охоплення і багатий функціонал, що дозволяє обходитися всього одним приладом з набором адаптерів, при обслуговуванні різних автомобілів. Цій групі діагностичного обладнання слід приділити особливу увагу, якщо планується організувати обслуговування і діагностику автомобілів різних виробників.

**Діагностичне обладнання на базі ПК** має достатній функціонал і підтримує різні автомобілі Європейського, Американського, Азійського та Російського виробництва. Основний функціонал таких автосканерів це робота з кодами помилок. Устаткування на базі ПК, компактне, і просте в експлуатації, що дозволяє використовувати його не тільки в автосервісах, але і в невеликих авто-майстернях. Це діагностичне обладнання вимагає наявності стаціонарного комп'ютера або ноутбука для установки на нього програмного забезпечення, яке дозволить адаптеру взаємодіяти з ПК.

**Портативне обладнання** для діагностики автомобілів має необхідний функціонал для визначення несправностей автомобіля, його ходової частини, двигуна та інших систем шляхом читання і розшифровки кодів помилок. Так як портативні автосканери працюють по протоколу 2, це означає, що вони можуть взаємодіяти з більшістю сучасних автомобілів. Плюсами такого обладнання є не тільки малі габарити і невелика вага, але і відсутність необхідності підключення до комп'ютера. Портативне обладнання, завдяки цьому фактору, займає лідируючі позиції в економічному ціновому сегменті. Простота користування і низька ціна роблять портативне діагностичне обладнання доступним для кожного автолюбителя, майстерні, СТО.

Ще одна група діагностичного обладнання це автосканери вантажного транспорту. Вони призначені для професійного використання на

автосервісах і СТО вантажних автомобілів, автобусів вітчизняного і зарубіжного виробництва:

Для детальної діагностики двигуна автомобіля застосовують мотор тестери. Цей тип тестів дозволяє працювати з системою запалювання, газорозподілу і подачі палива. Мотор тестери, а також осцилографи з достатньою точністю реєструють показання, які після ретельного аналізу програм дають вичерпну інформацію про стан мотора.

Швидкими темпами набирає популярність дистанційна діагностика, одна з функціональних можливостей сервісу Onstar від General Motors. Слід зазначити, що телематичні платформи, незважаючи на те, що є самостійними засобами діагностики, але все ще використовуються в якості допоміжного обладнання поряд з інструментами від виробника. Прогноз ринку показує поступове просування телематичних засобів діагностики. Вони повинні зайняти на ньому стійке місце, тільки після розробки відповідного програмного забезпечення

Діагностування паливної системи автомобілів дозволяє виявити забиті і несправні форсунки. Для цього, звичайно, використовується тест «Баланс форсунок». Тест заснований на оцінці пульсацій тиску в паливній системі при роботі форсунок [5,10].

Найчастіше зустрічається два типи паливних систем:

1. Система з РТП (регулятор тиску палива), встановленим на паливній рампі:

До паливної рампи підведено два патрубків: перший – подача палива, другий слив надлишкового палива. Регулятор тиску являє собою мембранний регулятор надлишкового тиску, що підтримує тиск палива на рівні 3 бар. Надлишок палива повертається через регулятор тиску по трубці зворотного зливу палива в паливний бак.

2. Система з РТП (регулятор тиску палива), встановленому на паливному насосі в баку.

Установче положення паливопроводу високого тиску, регулятора тиску і форсунок залежить від конструкції конкретного двигуна. Паливний насос розташований в паливному баку і подає паливо під тиском не менше 3 бар. Паливо надходить з паливного бака в паливопровід високого тиску, звідки воно рівномірно розподіляється паливною рампою по чотирьом форсункам. Кількість палива, що впорскується залежить від часу відкриття форсунки. Регулятор тиску встановлений з одного кінця паливопроводу високого тиску. Безпосередній зв'язок регулятора тиску з впускним колектором забезпечує підтримку постійної різниці між тиском у впускному колекторі і тиском палива. Таким чином, кількість палива, що впорскується не залежить від тиску у впускному колекторі, а залежить тільки від часу відкриття форсунок.

Функція РТП – підтримання постійного тиску в паливній системі. Однак, при відкритті форсунки тиск в системі на початку падає стриб-

коподібно, а потім плавно відновлюється. Отже, існує пряма залежність: чим більше скачок при скиданні палива – тим більше витрата палива через форсунку. Логічно зробити висновок, що, порівнюючи пульсації тиску з різних форсунок, можна оцінити їх стан. Відстежити ці пульсації манометром не представляється можливим через його інерційність. Зміну тиску можна відстежити по деформації патрубків. Спеціально для цих цілей був розроблений датчик вібрації, який встановлюється на патрубок підведення палива для реєстрації його деформації.

#### **Список використаних джерел**

1. Скляр Р. В., Комар А. С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
2. Болтянська Н.І. Підвищення довговічності вузлів тертя мобільної сільськогосподарської техніки застосуванням нанотехнологій. Вісник ХНТУСГ. 2012. Вип.128. С. 132-137.
3. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. TDATU Scientific Bulletin. 2018. Issue 8. Vol. 2. Pp. 44–56.
4. Болтянська Н.І. Зміни техніко-експлуатаційних показників МЕЗ під впливом на них надійності. Вісник ХНТУСГ. 2009. Вип.89. С. 106-111.
5. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.
6. Болтянський О.В., Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник НУБіП. Серія Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип.212, ч.1. С. 275-283.
7. Skliar A. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.
8. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production». 2019. Uman. 18-20.
9. Sklar O. Mechanization of technological processes in animal husbandry: a textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.
10. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158.
11. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

УДК 621.176

## ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОАБРАЗИВНОГО ЗНОСУ ЗАГЛИБНИХ НАСОСІВ

Бурцева С.О., магістр

Журавель Д.П., д.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

**Постановка проблеми.** При роботі будь – якого виробничого обладнання виникають процеси, що пов’язані з поступовим зниженням робочих характеристик та зміненням властивостей деталей і вузлів. Накопичуючись вони можуть призвести до повної зупинки або серйозної поломки. Щоб уникнути негативних економічних наслідків, підприємства організовують процес керування зносом.

**Основні матеріали дослідження.** Зносом або старінням називають поступове зниження експлуатаційних характеристик виробів, вузлів або обладнання у результаті зміни їх форми, розмірів або фізико – хімічних властивостей. Ці зміни виникають поступово та накопичуються у ході експлуатації. Існує декілька факторів, які визначають швидкість старіння:

- тертя;
- статичні, імпульсні або періодичні механічні навантаження;
- температурний режим [1].

В залежності від характеру зовнішніх впливів на матеріали виробу розрізняють основні види зносу:

- абразивний, який у свою чергу поділяється на підвиди:
  - газоабразивний;
  - гідроабразивний;
  - кавітаційний;
  - адгезійний;
  - окислювальний;
  - тепловий;
  - втомний.

У даних дослідженнях детальніше буде розглянутий гідроабразивний вид зносу. Даний підвид абразивного зношення відрізняється від абразивного тим, що тверді абразивні частинки переміщуються у рідинному потоці. Матеріал поверхні буде кришитися, зрізуватися та деформуватися. Зазвичай зустрічається у такому обладнанні, як:

- гідротранспортні системи;
- вузли турбін;
- компоненти наливного обладнання;
- горна техніка, що застосовується для промивки руди.





**Рис. 1. Загальний вигляд гідроабразивного виду зносу заглибного насосу**

Іноді гідроабразивні процеси посилюються впливом агресивного рідкого середовища [2].

Механізм гідроабразивного зносу можна розділити на декілька процесів. При ударі абразивної частинки по поверхні деталі під кутом близьким до нормалі можлива деформація металу, якщо сила удару більше границі текучості металу. На поверхні деталі виникає вм'ятини. Наступні удари утворюють нові вм'ятини. У підсумку на метал виявляється знакозмінний вплив, що призводить до втомного руйнування. Крім того, абразивні частинки можуть впливати на поверхню деталі як різець, що знімає стружку [3-6].

На рисунку 2 цифрами позначені основні зони руйнування ступені насоса: 1 – замкнута порожнина між нижнім диском робочого колеса і верхнім диском направляючого апарату; 2 – поворот каналу у робочому колесі; 3 – область на верхньому диску робочого колеса, у якій відбувається поворот потоку витоків; 4 – зона повороту на вході у канали направляючого апарату; [7].



**Рис. 2. Основні зони руйнування ступені насоса**

Зліва представлений зруйнований направляючий апарат після експлуатації у свердловині, справа – зруйноване робоче колесо.

При розгляді проблеми гідроабразивного зносу необхідно враховувати стійкість матеріалу деталей ступені до гідроабразивного зносу



та корозії. Наявність корозійних речовин у рідині багатократно прискорює процес гідроабразивного руйнування ступенів насосу, так як при роботі насоса поверхневі шари металу реагують з корозійними речовинами у рідині, що перекачується. При цьому на поверхні металу виникає плівка, яка у багатьох випадках менш міцна, ніж основний метал, внаслідок чого абразивні частинки руйнують верхні шари металу. Після зняття верхніх шарів починають взаємодіяти з агресивною рідиною наступні шари металу, та процес повторюється [8].

У якості основних матеріалів для робочих ступенів заглибних насосів у даний час використовуються:

- сірий чавун;
- високолегований чавун – нірезист;
- високолегована лита сталь;
- залізграфітовий порошковий композит;
- високолеговані порошкові сталі;
- низьколеговані порошкові сталі.

Нелеговані матеріали використовуються для підйому неагресивних пластових рідин. Високолеговані матеріали мають підвищену корозійну стійкість та можуть використовуватися для перекачування рідини з високою корозійною активністю.

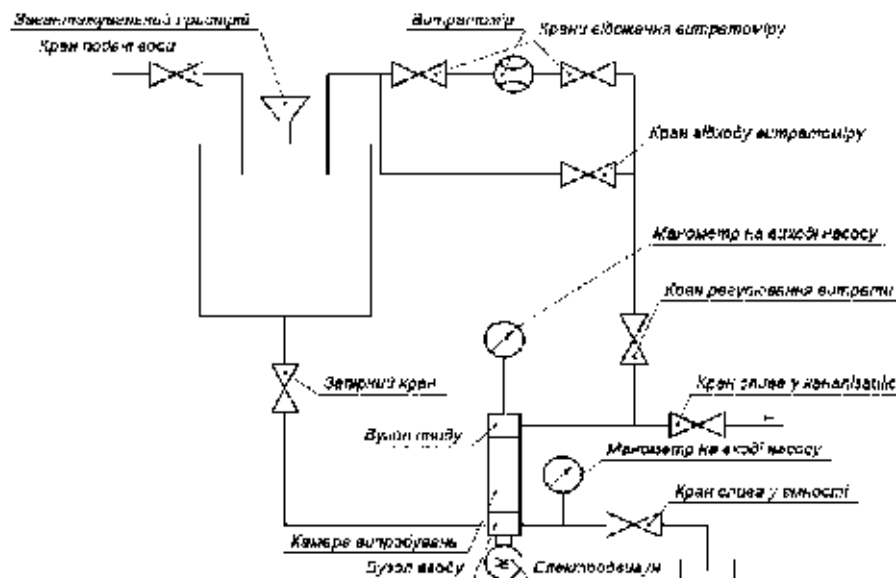
При оцінці інтенсивності гідроабразивного зносу необхідно враховувати частоту обертання валу насосу. Останнім часом випускаються велика кількість насосів зі збільшеною частотою обертання ротора. З одного боку дана зміна значно знижує металоємність насосу, а з другого – зменшується ресурс деяких вузлів і вимагає використання зносостійких модифікацій. Враховуючи, що надійність корпусів направляючих апаратів і між ступеневих ущільнень не завжди достатня при роботі на найбільш часто використовуваної частоті обертання, тобто при  $n = 2019$  об/хв, при збільшенні частоті обертання ресурс насосу ще більш знижується. Тому необхідна модернізація конструкція ступенів насосу для підвищення їх гідроабразивної стійкості [9].

Виробники заглибних насосів найчастіше не приводять інформацію про способи захисту заглибного обладнання від механічних домішок, вказуючи тільки гранично допустимий вміст зважених частинок для різних виконань насосів. Необхідна інформація може бути отримана із небагатьох опублікованих статей і патентів, а також результатів виробничої експлуатації обладнання. насосів є стендові випробування, за допомогою яких можна досліджувати механізм гідроабразивного руйнування установки.

Основним елементом заглибного насосу є ступені. Вони же і являються одним із найбільш уразливим елементом при гідроабразивному зносі. За результатами виробничої експлуатації можна виділити декілька основних зон руйнування ступенів від впливу абразивних частинок:

- 1) осьові опори ступенів;
- 2) корпуси направляючих апаратів;
- 3) міжступеневі ущільнення.
- 4) локальне підвищення концентрації абразивних частинок у вихорах, що виникають при повороті потоку.

Тому запропонована схема для моделювання вихроутворення у проточній порожнині насоса яка представлена на рисунку 3.



**Рис. 3. Схема стенду для моделювання вихроутворення**

Методика випробування полягала у нанесенні на поверхню проточних каналів тонкого шару парафіну, який порівняно легко змінює форму під дією потоку рідини з абразивними частинками та приймає форму, що відображає рух рідини у відповідній зоні.

У якості експериментальних зразків були взяті ступені відцентрового заглибного насосу ВНН5–79, що виготовлені із поліаміду методом лазерного синтезу. Поліамідні деталі після виготовлення відповідним методом виходять достатньо пористими, що дозволяє просочувати їх парафіном при температурі 100–120 °С. Після просочення на поверхні деталей залишається тонкий шар парафіну. Із поліамідних деталей збирається насос та встановлюється на випробувальний стенд, який представлений на рисунку 3.

У початковий період часу проводиться припрацювання насоса при роботі на чистій воді. Подача насоса встановлювалась у точці максимуму КПД. На даному етапі ніяких змін у поверхневому шарі деталей не відбувається. Після припрацювання відбувається поступове завантаження частинок кварцового піску розміром 0,5–1,0 мм. Час роботи насоса в абразивному розчині не більш 10-ти хвилин, після чого насос зупиняється та розбирається.

Вихори з частинками домішок, впливаючи на шар парафіну, утворюють на його поверхні рельєф. На рисунку 4 зображені зони 1,2,4 зносу, в яких сформувався стійкий рельєф.

На рисунку 5 за розташуванням та геометрії рельєфу можна оцінити розмір вихорів. Знос у зонах 2, 4, 6 протікає повільніше, ніж у зоні 1, що опосередковано свідчить про те, що збільшення розміру вихорів прискорює знос.



**Рис. 4. Направляючий апарат після випробування (зліва – загальний вигляд, справа – крупний вид вихроутворення)**



**Рис. 5. Внутрішні поверхні проточних каналів направляючого апарату**

У всіх зонах руйнування ступені в експериментах спостерігали формування вихорів, що підтверджує гіпотезу про вплив вихорів на швидкість зносу ступені. Запропонований метод випробування потоку дозволяє оцінити кількість та розмір вихорів у проточних каналах насоса, і опосередковано оцінити швидкість гідроабразивного зносу окремих зон ступені [10].

**Висновки.** Альтернативним способом захисту ступенів заглибних насосів є нанесення захисних покриттів на їх поверхню без зміни течії рідини через насос. Однак, застосування такого способу нерентабельно через собівартість покриттів, які перевищують вартість самих ступенів. Для захисту деталей від гідроабразивного зносу рекомендується використання покриттів із твердих сплавів, але по причині високої вартості використання недоцільне. Достатньо простим способом зменшення

швидкості зносу є зменшення діаметру робочих коліс насосу та головним недоліком цього рішення є погіршення характеристик насосу.

### **Список використаних джерел**

1. Износ. Виды износа. URL: <https://stankiexpert.ru/tehnologii/iznos-vidy-iznosa.html>.
2. Журавель Д. П., Новік О. Ю., Бондар А. М., Петренко К. Г. Триботехніка. Курс лекцій з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 280 с.
3. Дідур В. А., Журавель Д. П., Технічна механіка рідини і газу: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. – 468 с.
4. Сухенко Ю. Г., Паламарчук І. П., Жеплінська М. М., Муштрук М.М., Журавель Д.П. Надійність обладнання харчової галузі. Навчальний посібник. К. ЦП «КомпрІнт», 2019. – 370 с.
5. Журавель Д.П., Новік О.Ю., Бондар А.М., Паніна В.В. Триботехніка. Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. - 116 с.
6. Журавель Д.П., Новік О.Ю., Бондар А.М., Петренко К.Г. Триботехніка. Посібник до лабораторно-практичних робіт з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. - 136 с.
7. Журавель Д.П., Болтянський Б.В. Критерії вибору насоса для водопостачання тваринницьких ферм. Щомісячний науково-практичний журнал «Тваринництво сьогодні», №2. Київ, 2019. С. 34...39.
8. Журавель Д.П., Болтянський Б.В., Дереза С.В. Особливості водопостачання в тваринництві. Щомісячний науково-практичний журнал «Тваринництво сьогодні», №8 – Київ, 2018. С.66...71.
9. Дідур В.А., Савченко О.Д., Журавель Д.П., Мовчан С.І. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі. К.: Аграрна освіта, 2008. 577 с.
10. Дідур В.А., Журавель Д.П., Палішкін М.А. та ін. Гідравліка. Підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. – 624 с.

УДК 621.822.004.15

**ВИБІР РЕЖИМІВ ВІБРОНАКАТУВАННЯ ВНУТРИШНІХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ**

Тарабанов Є.О, студ. 42 АІ

Новік О.Ю., інж.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Надійність роботи техніки безпосередньо пов'язана з станом поверхневого шару деталей, який характеризується фізико-механічними й геометричними параметрами. Від якості його залежать експлуатаційні властивості деталі, такі як опір втомі, опір контактній утомі, корозійна стійкість, зносостійкість, та ін. У зв'язку з інтенсифікацією експлуатаційних процесів, підвищенням температур і тисків, збільшенням швидкостей переміщення робочих органів, роль властивостей поверхневого шару деталей з її експлуатаційними властивостями свідчить, що оптимальна поверхня повинна бути досить твердою, мати стискаючі залишкові напруги, мілкодисперсну структуру, зм'яту форму мікронерівностей з великою кількістю опорних поверхонь. Це можна отримати за допомогою вібраційного накатування поверхонь деталей [1-3].

Вибір потрібного виду мікрорельєфу поверхні здійснюється залежно від матеріалу деталі та її умов роботи.

Втулки підшипників ковзання в найбільшій мірі виготовляються з кольорових металів, та сплавів. Втулки виступають в якості опорних поверхонь, тому несуть значні навантаження, та парцюють в умовах тертя. Тому робоча поверхня втулки повинна мати підвищену маслостримуючу здатність завдяки значній кількості карманів, та більшу зносостійкість завдяки значній кількості перетинів доріжок [4].

Для отримання такої поверхні вібронакатуванням необхідно щоб частота обертання втулки ( $n_v$ ) була кратною частоті подвійних ходів кулькової голівки ( $n_{\text{подв.ход}}$ ), яка дорівнює частоті обертання вала електродвигуна, тобто:

$$N_v = i \cdot n_{\text{подв.ход}} \quad (1)$$

де:  $i$  – коефіцієнт кратності. Повинен бути цілим числом.

Величина коефіцієнту кратності ( $i_1$ ) буде дорівнюватись подвійної кількості хвиль, які створилися при одному оберті оброблюваної деталі.

Для підвищення зносостійкості втулок (підшипників ковзання) необхідно, щоб поверхня, яка оброблена вібронакаткою складала 60% загальної робочої поверхні. Ця умова буде виконуватись при належній комбінації режимів, які можна отримати за допомогою номограми [5].



Номограма складається з чотирьох квадрантів.

1. В першому квадранті будуємо залежність ширини накатаної стрічки від шорскості оброблюємої поверхні та діаметра шарика.

Ширина стрічки  $h$  буде дорівнювати довжині хорди дуги поверхні, що накатає куля, та визначиться за формулою:

$$h = D \sin \alpha \quad (2)$$

де  $D$  – діаметр кульки, мм;

$\alpha$  – центральний кут, град.

$$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{2H}{D}\right) \quad (3)$$

де  $H$  – глибина обробки при накатуванні, яка складається з висоти нерівностей, мм.

2. В другому квадранті будуємо залежність площі стрічки за один оберт деталі від ширини стрічки. Ця площа буде дорівнювати подвійній довжині однієї хвилі, помножене на кількість волн та на ширину стрічки.

Довжину волни визначимо як довжину окружності еліпсу за формулою

$$L = \pi(a + b) \quad (4)$$

де:  $a$  та  $b$  довжина полувісей еліпсу, мм.

Довжина поперечної полувісі складе половину амплітуди коливань вібратора, тобто:

$$a = \frac{A}{2} \quad (5)$$

де:  $A$  – амплітуда коливань вібратора, мм.  $A = 2 = \text{const}$ .

Для отримання довжини поздовжньої полувісі еліпсу необхідно довжину окружності поверхні деталі поділити на кількість волн, яка дорівнює четверті співвідношення частоти вібрації інструменту до частоти обертання деталі, тобто

$$b = \frac{\pi d n}{4N} \quad (6)$$

де:  $d$  – діаметр оброблюємої поверхні деталі, мм.

$n$  – частота обертання деталі,  $\text{хв}^{-1}$ . Для розрахунків  $n = 100 \text{ хв}^{-1}$ .

$N$  – частота вібратора,  $\text{хв}^{-1}$ .  $N = 1400 \text{ хв}^{-1} = \text{const}$ .

В результаті отримаємо:

$$S_1 = 2\pi\left(\frac{A}{2} + \frac{\pi dn}{4N}\right) \cdot \frac{N}{n} \cdot h \quad (7)$$

Щоб врахувати площу, яку займають дільниці перетинання двох канавок приймемо площу дільниці як паралелограм з висотою  $h$ , та довжиною сторони  $h$ . Тоді отриману площу стрічки за один оберт необхідно на площу дільниць перетинання. На кожній хвилі таких перетинань 4.

$$S_1 = 2\pi\left(\frac{A}{2} + \frac{\pi dn}{4N}\right) \cdot \frac{N}{n} \cdot h - \frac{N}{n} 2h^2 \quad (8)$$

3. В третьому квадранті будуємо залежність площі, що обробляється, від площі стрічки за один оберт деталі. Для цього необхідно розрахувати кількість стрічок на 100 погоних меліметрах оброблюємої поверхні, яка буде залежити від кроку поздовжньої подачі верстата.

Площа обробленої поверхні становить:

$$S = S_1 \cdot \frac{100}{P} \quad (10)$$

де  $P$  – поздовжня подача верстата,  $\text{мм/об}$ .

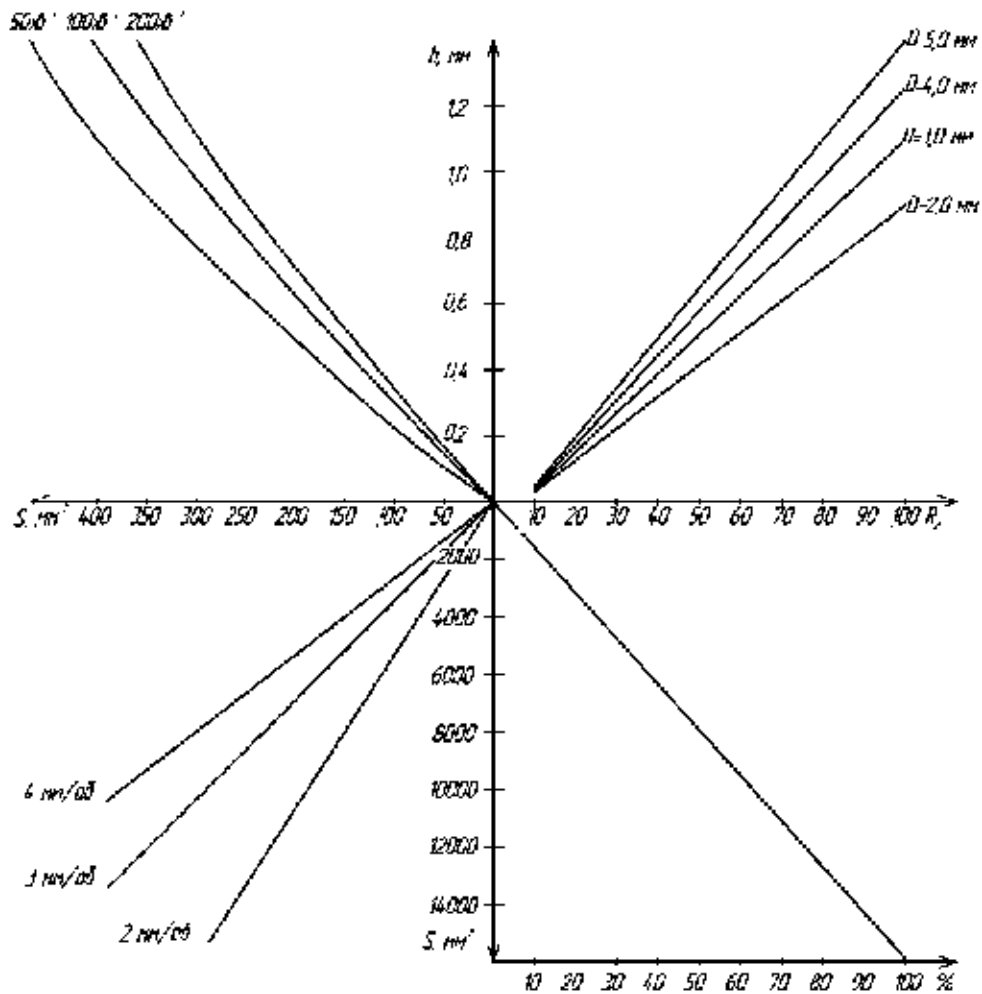
4. В четвертому квадранті побудуємо графік співвідношення площі обробленої інструментом до загальної площі поверхні деталі, тобто

$$\frac{S}{S_{\text{заг}}} \quad (11)$$

Таким чином отримаємо номограму (рис. 1)

Якщо потрібно 60% внутрішньої поверхні втулки підшипника ковзання обробити поверхнево-пластичною деформацією, то режими обробки повинні бути наступні:

- діаметр кулі вібронакатки – 3 мм;
- частота обертання деталі –  $200 \text{ хв}^{-1}$ ;
- повздовжня подача верстата – 3 мм/об;
- ширина накатаної стрічки – 1 мм.



**Рис. 1. Номограма для визначення режимів вібронакаткування втулки**

**Список використаних джерел**

1. Oleksii Novyk, Valeriia Panina, Halyna Dashyvets and Andriy Bondar. Increase in Durability of Motor Crankshaft Pin Surface by Vibro-rolling. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2020. P.177-182.

2. Паніна В.В., Дашивець Г.І., Бондар А.М., Новік О.Ю. Підвищення надійності підшипників ковзання вібронакаткуванням. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 1. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-1.pdf>

3. Новік О. Ю., Бондар А. М., Журавель Д. П. Триботехніка: посібник до лабораторно-практичних робіт. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 136с.

4. Новік О. Ю., Бондар А. М., Журавель Д. П. Триботехніка: методичний посібник до самостійної роботи. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 116с

5. Новік О. Ю., Бондар А. М., Журавель Д. П. Триботехніка: курс лекцій. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 280с.

---

УДК 504.06:662.756.

## КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА РОБОТА ГАЗОБЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ ІЗ ТУРБОНАДДУВОМ

Болтянський О.В., к.т.н.,

Білоножко В.В., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Автомобільний транспорт є одним з основних споживачів нафтопродуктів і залишиться головним споживачем моторних палив на період до 2040-2050 р. В найближчій перспективі очікується збільшення споживання нафтопродуктів при приблизно постійних об'ємах їх виробництва і зростаючий дефіцит моторних палив [1,2].

Аналіз структури машинно-тракторного парку показує, що питома вага дизельних двигунів зростає. Така тенденція спостерігається як в розвинутих країнах світу, так і в країнах, що розвиваються. Це пояснюється як кращою паливною економічністю (до 30-35% в порівнянні з бензиновими), так і більшою пристосованістю до інших палив. Дані особливості є дуже важливими у зв'язку із подорожчанням нафтопродуктів. Дослідження дизельних двигунів показали, що вони можуть працювати не тільки на дизельному паливі, але і на альтернативних його видах [3].

Застосування турбонаддуву потребує, насамперед, обов'язкових суттєвих змін конструкції та перекомпонування систем впуску і випуску двигуна, пов'язаних із включенням у ці системи турбокомпресора і забезпечення регулювання тиску  $p_k$ .

Необхідність змащування подшипників турбокомпресора потребує також змін у системі мащення двигуна, щонайменше, для забезпечення відбору оливи з магістралі високого тиску та зливу її в піддон.

Крім того, в залежності від прийнятої системи живлення необхідно забезпечити герметичність окремих елементів цієї системи в умовах більших значень  $p_k$ . Відзначається також, що турбонаддув вимагає підвищені вимоги не тільки до регулювання кута випередження запалювання, але й до потужності системи запалювання і характеристики свіч [4,5].

Існує думка, що форсування двигуна за допомогою турбонаддуву лімітується не механічними навантаженнями, а високою теплонапруженістю поршнів, клапанів, головок циліндрів.

Під час турбонаддуву доцільне зменшення тривалості фази перекриття клапанів із метою поліпшення паливної економічності двигуна за рахунок зменшення втрат палива під час продування.

Потужність двигуна при турбонаддуві збільшується, як уже відзначалося, за рахунок зростання густини заряду завдяки підвищеному значенню тиску наддувочного повітря  $p_k$ . За інших рівних умов збільшення потужності двигуна при турбонаддуві повинно відставати від підвищення  $p_k$ .

Сучасні бензинові двигуни з турбонаддувом мають дуже високі потужнісні показники. В реальних межах збільшення тиску  $p_k$  мало впливає на індикаторний  $\eta_i$  і механічний  $\eta_m$  коефіцієнт корисної дії. Для забезпечення їх бездетонаційної роботи застосовується заходи, що істотно зменшують  $\eta_i$ .

Тому є підстави стверджувати, що в цілому за паливною економічністю для всіх режимів роботи бензиновий двигун із турбонаддувом без використання спеціальних заходів тільки в кращому випадку не поступається своєму прототипу.

Аналіз закордонних даних про бензинові двигуни з турбонаддувом говорить, що за допомогою турбонаддуву можна не тільки підвищити потужність двигуна без істотного збільшення його маси і габаритів, але й значно зменшити витрату палива та викиди токсичних компонентів із відпрацьованими газами.

На автомобілях знайшло широке застосування переобладнання двигунів з іскровим запалюванням в універсальні газобензинові.

Досвід робіт в цьому плані показує, що оптимальний газовий двигун з іскровим запалюванням повинен мати: систему наддуву; чотири клапани на циліндр; високе значення ступеня стиску; мінімальне перекриття клапанів; ефективне охолодження газоповітряної суміші на впуску в циліндри; точне регулювання коефіцієнта надлишку повітря на всіх режимах роботи.

#### **Список використаних джерел**

1. Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

2. Болтянський О. В., Болтянська Н. І. Аналіз основних тенденції розвитку світової та вітчизняної сільськогосподарської техніки для рослинництва. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2011. Вип.166, ч.1. С. 255–261.

3. Болтянський О.В. Використання різних критеріїв при визначенні кількості запасних частин. Праці ТДАТА. Вип. 36. 2006. С. 3-7.

4. Болтянський О. В., Болтянська Н. І. Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник НУБіП. Серія Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип.212, ч.1. С. 275–283.

5. Болтянський О. В., Болтянська Н. І. Використання нанотехнологій при безрозбірному сервісі автотракторної техніки. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.2. С. 97–102.



УДК 631.3–192:662.63

## ОБГРУНТУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Бондар А.М., к.т.н.

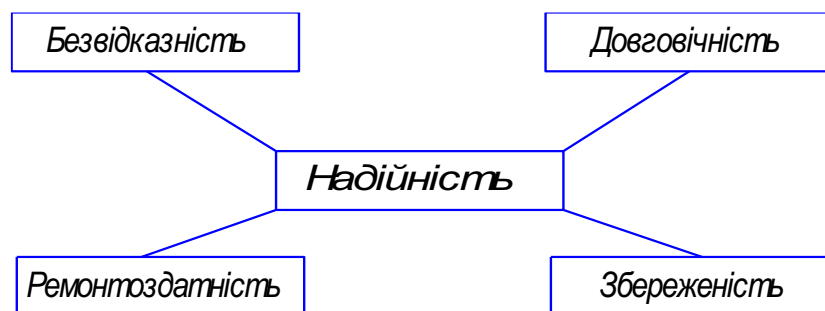
Журавель Д.П., д.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Надійність - одна з основних складових якості та експлуатаційних (або функціональних) характеристик сільськогосподарської техніки. Надійність - властивість об'єкта зберігати протягом певного часу в установлених межах значення усіх параметрів, що характеризують здатність функціонувати у заданих режимах та умовах використання, технічного обслуговування, ремонту, зберігання та транспортування [1-5].

Надійність закладається при проектуванні, забезпечується у виробництві (під час виготовлення) і підтримується (зберігається) в експлуатації. Важливе місце у підтриманні (збереженні), точніше, у реалізації необхідного рівня надійності, має експлуатація разом з технічним обслуговуванням та ремонтом.

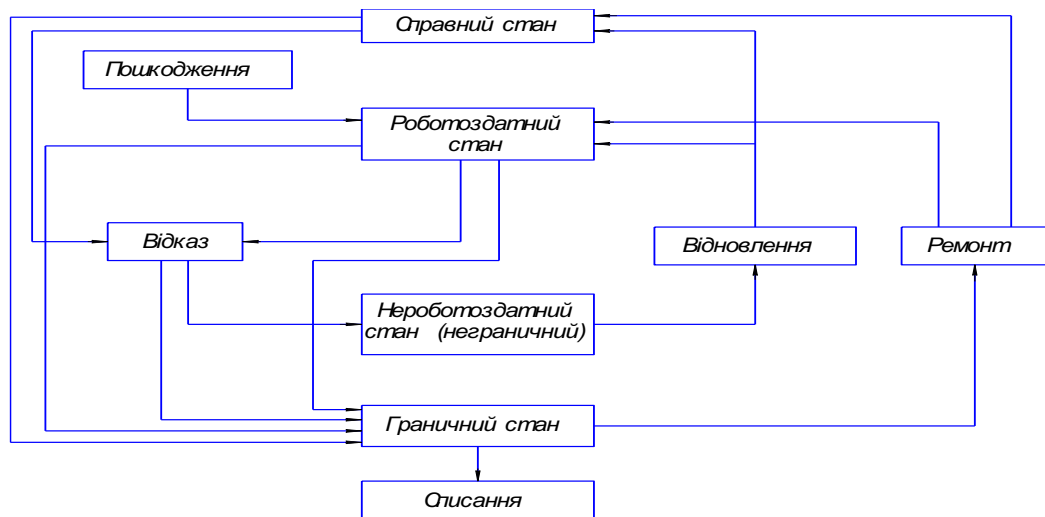
Надійність як сукупність властивостей залежно від призначення об'єкта та умов його використання повинна забезпечувати окремо або у певному поєднанні такі властивості: безвідказність, довговічність, ремонтоздатність, збереженість (рис.1).



**Рис. 1. Основні властивості надійності**

Технічне обслуговування - окремі операції або їх комплекс для підтримки роботоздатності або справності об'єкта при використанні за призначенням, зберіганні і транспортуванні.

Ремонт - комплекс операцій, призначених для відновлення справності або роботоздатності об'єкта, а також відновлення ресурсу деталей або їх складових. Зміна стану об'єкта в процесі експлуатації наведена на рис. 2.



**Рис. 2. Схема зміни стану об'єктів у процесі експлуатації**

Від пристосованості машин до робіт, передбачених системами технічного обслуговування і ремонту, залежать збитки, які виникають через нероботоздатність машини під час експлуатації.

Ремонтотдатність машини її найважливіша експлуатаційно-технічна властивість, від неї залежить час відновлення роботоздатності та витрати на технічне обслуговування й ремонт сільськогосподарської техніки. Ремонтотдатною вважають таку конструкцію машини, яка при раціональних витратах на їх проектування, виготовлення та експлуатацію мінімальний час буде у нероботоздатному стані (за певний період експлуатації).

У технічній літературі з надійності й ремонту технічних об'єктів та на практиці технічні об'єкти можуть бути справними й несправними, роботоздатними й нероботоздатними, а також перебувати у граничному стані [1].

Справний стан (справність) - це стан об'єкта, при якому він відповідає всім вимогам нормативно-технічної документації (НТД) і (або) конструкторської документації (КД).

Несправний стан (несправність) - стан об'єкта, не відповідний хоча б одній з вимог НТД і (або) КД. До несправностей відносять: зниження продуктивності та економічності трактора понад допустимі межі, втрата верстатом точності, відхилення у товщині шару пофарбування кузова тощо.

Роботоздатний стан (роботоздатність) - стан об'єкта, за якого значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам НТД і (або) КД. Поняття «справність» ширше, ніж «роботоздатність». Справний об'єкт завжди роботоздатний. Роботоздатний об'єкт може бути несправним, проте несправність не впливає на його функціонування. Наприклад, коробка передач зберігає роботоздатність при спрацьованих шестернях, оскільки її експлуатаційні показники не вийшли за межі технічних вимог.

При нероботоздатному стані об'єкта значення хоча б одного заданого параметра, який характеризує здатність виконувати задані функції, не відповідає вимогам НТД і (або) КД.

У граничному стані використання об'єкта за призначенням або відновлення його справного або роботоздатного стану недопустиме або недоцільне. Ознаки (критерії) граничного стану встановлюються нормативно-технічною документацією на даний об'єкт.

Причини припинення експлуатації: неможливість забезпечення безвідказності або ефективності експлуатації об'єкта та мінімально необхідного рівня безпеки; значні витрати на ремонт (економічна недоцільність); моральне старіння об'єкта. Перехід об'єкта зі справного стану у несправний, з роботоздатного - у нероботоздатний характеризується його пошкодженням та відказом.

Пошкодження - подія, яка полягає у порушенні справного стану об'єкта при збереженні роботоздатного стану. Несуттєві пошкодження та випадки їх неусунення можуть стати суттєвими, з порушенням роботоздатності, тобто призвести до відказів.

Відказ - подія, - що полягає у порушенні роботоздатного стану об'єкта. Роботу об'єкта необхідно припинити через недопустимі відхилення від заданих експлуатаційних характеристик (параметрів).

Відказ завжди пов'язаний з виникненням несправності. Зниження потужності двигуна автомобіля понад встановлені межі - це і є відказ, водночас автомобіль переходить у несправний стан. Але несправність не завжди визначає появу відказу. Наприклад, підтікання мастила в агрегатах трактора свідчить про їх несправність, але не завжди призводить до відказів. В надійності часто застосовують такі терміни як технічний ресурс, строк служби, строк збереженості.

Технічний ресурс (ресурс) - напрацювання об'єкта від початку експлуатації або поновлення її після певного ремонту до переходу в граничний стан; вимірюється в одиницях виміру напрацювання (наробітку).

Строк служби - календарна тривалість від початку експлуатації об'єкта або її поновлення після певного ремонту до переходу в граничний стан; вимірюється у роках.

Ресурс та строк служби мають багато спільного, оскільки характеризуються одним граничним станом, проте і суттєво відрізняються. При одному й тому ж ресурсі може бути різний строк служби залежно від інтенсивності експлуатації об'єкта. Наприклад, два двигуни з ресурсом 12 тис. мотогодин кожний та інтенсивністю експлуатації відповідно 3 тис. і 6 тис. мотогодин на рік будуть мати: перший - термін служби 4, другий - 2 роки.

Строк збереженості - календарна тривалість зберігання і (або) транспортування об'єкта, протягом (після) якої зберігаються значення заданих показників безвідказності, довговічності та ремонтоздатності в установлених межах; вимірюється у роках або місяцях.

Для кількісної оцінки надійності застосовують одиничні й комплексні показники надійності.

Одиничний показник кількісно характеризує тільки одну властивість надійності об'єкта, тобто цей показник належить до однієї з властивостей, які складають надійність об'єкта (безвідказність, довговічність, ремонтоздатність чи збереженість). Наприклад, напрацювання на відказ характеризує безвідказність, а ресурс - довговічність.

Показники безвідказності: ймовірність безвідказної роботи - ймовірність того, що в межах заданого напрацювання відказ не виникає.

Середнє напрацювання до відказу - математичне сподівання напрацювання до відказу виробу, який не може бути відновленим. Під напрацювання розуміють довготривалість або об'єм виконаної роботи об'єкта.

Середнє напрацювання на відказ - відношення напрацювання відновленого об'єкту до математичного сподівання числа його відказів на протязі цього напрацювання.

Інтенсивність відказів - показник надійності невідновлюваних виробів, який дорівнює відношенню середнього числа об'єктів, що відказали, в одиницю часу, до числа об'єктів, що залишилися працездатними.

Параметр потоку відказів - показник надійності відновлюваних виробів, який дорівнює відношенню середнього числа відказів об'єкту, який відновлюється за довільно мале його напрацювання, до значення цього напрацювання (відповідає інтенсивності відказів для виробів, що ремонтуються, або включає повторні відкази).

Показники довговічності: технічний ресурс - напрацювання об'єкта від початку його експлуатації або відновлення експлуатації після ремонту до граничного стану. Ресурс виражається в одиницях часу роботи (звичайно в годинах), довжини шляху (в кілометрах) і в одиницях випуску продукції. Для виробів, які не відновлюються, поняття технічного ресурсу і напрацювання до відказу співпадають.

Строк служби - календарне напрацювання до граничного стану. Виражається, як правило, в роках.

Для деталей машин як критерій довговічності використовується технічний ресурс.

Для машин, які експлуатуються в різних умовах і які мають більш точні показники, чим календарний строк служби, також використовують технічний ресурс (для транспортних машин - пробіг, для двигунів – мотогодини). Для інших машин використовується строк служби.

Показники довговічності поділяються на: гамма-процентні, середні до ремонту (плинного чи капітального), повні, середні до списання [6-8].

Гамма-процентні показники - це показники, які мають або перевищують в середньому обумовлене число процентів виробів даного типу. Вони характеризують довговічність виробів при заданій ймовірності збереження працездатності.

Гамма-процентний ресурс являється основним розрахунковим показником, наприклад, підшипників кочення, які підлягають розповсюдженню на інші деталі. До суттєвих переваг цього показника відносять можливе його визначення до завершення випробування всіх зразків, кількісна характеристика випадків раннього руйнування та інші. Для виробів серійного і масового виробництва, наприклад, для підшипників кочення, найбільш часто використовують 90% ресурс. Якщо відказ небезпечний для життя людей, ресурс наближається до 100%. Для відповідальних агрегатів тракторів прийнятий 80% ресурс.

Показники рентабельності і збереженості: середній час відновлення працездатного стану. Ймовірність відновлення працездатного стану за заданий час. Строки збереженості - середній і процентний.

Комплексний показник кількісно характеризує одночасно дві або кілька різних властивостей технічного об'єкта, тобто він належить до кількох властивостей надійності об'єкта.

Коефіцієнт технічного використання (КТВ), це відношення математичного сподівання часу працездатного стану за деякий період експлуатації до суми математичних сподівань часу працездатного стану і всіх простоювань для ремонтів і технічного обслуговування.

Коефіцієнт готовності (КГ), це ймовірність того, що об'єкт буде в працездатному стані в довільний момент часу, окрім періодів, в яких експлуатація не передбачається.

У тих випадках, коли нормованими показниками надійності є  $K_G$ ,  $K_{ТВ}$ , коефіцієнт оперативної готовності  $K_{ог}$  в нормативно-технічній документації повинні указуватись показники окремих властивостей надійності: безвідмовність, і за необхідності, збережуваність, нарробіток на відмову і безвідмовність -  $\bar{T}$ ,  $P(t_p)$ ; середній час профілактики -  $T_{п}$ ;  $\bar{T}_B$ ,  $T_{cp}$ , які визначають величину відповідних коефіцієнтів  $K_G$  (готовності) і  $K_{ТВ}$  - (технічного використання), або  $K_{ог}$  - коефіцієнта оперативної готовності [1]. Однак, критерієм для порівняння технічних об'єктів за надійністю у цьому випадку має бути показник, вибраний за табличними даними. За показники ремонтпридатності, поряд з часовим показником, можна брати показники трудомісткості і матеріалоемності.



Для виробів із постійною інтенсивністю відмов треба також вказувати  $\lambda$  - характеристику (інтенсивність відмов) в період нормальної експлуатації і ресурс (строк служби). Якщо інтенсивність відмов виробу змінна, то треба вказувати або імовірність безвідмовної роботи для встановленого ряду виробів, або імовірності безвідмовної роботи для встановленого ряду наробітків і ресурс. Для характеристики надійності об'єкта зі змінною інтенсивністю відмов у часі можуть застосовуватись  $\lambda$  - характеристики для окремих періодів експлуатації.

Використовуючи теорію ймовірностей, нами була отримана залежність коефіцієнта готовності  $K_g$ , на прикладі паливної системи дизельного двигуна, для різних умов експлуатації машино-тракторного агрегату (МТА):

$$K_g = \frac{\lambda_{2,3} + \lambda_{2,4} + \lambda_{2,5} + \lambda_{2,6}}{\lambda_{2,3} + \lambda_{2,4} + \lambda_{2,5} + \lambda_{2,6} + \left( \frac{\lambda_{02}}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{1,0}}} \right) \cdot \left( 1 + \frac{\lambda_{2,3}}{\lambda_{3,0}} + \frac{\lambda_{2,4}}{\lambda_{4,0}} + \frac{\lambda_{2,5}}{\lambda_{5,0}} + \frac{\lambda_{2,6}}{\lambda_{6,0}} \right)}, \quad (1)$$

де  $\lambda_{ij}$  і  $\mu_{10}$  - інтенсивність подій переходів паливної системи і її елементів у різні становища. Числові значення  $\lambda_{ij}$  і  $\mu_{10}$  приймалися на основі експертної оцінки фахівців з обслуговування і ремонту паливної апаратури.

Якщо припустити, що поточне значення ефективної потужності двигуна  $N_e$  буде залежати тільки від величини зносу сполучень паливної системи, особливо від зносу плунжерних пар паливного насоса високого тиску, то буде справедлива залежність:

$$N_e = f(I, \tau), \quad (2)$$

де  $I$  – сумарний знос прецизійних пар ПНВТ;

$\tau$  - час роботи МТА.

Аналіз отриманої залежності (1), показує, можливість її використання для дослідження впливу забрудненості дизельного пального на функціональні характеристики МТА при умові, що залежність (2) є відомою.

Таким чином, підвищення надійності енергетичних засобів фірми-виробники досягають завдяки таким чинникам, як: удосконалення методів конструювання з використанням комп'ютерних систем, відпрацювання конструкцій різних вузлів і деталей на стадії проектування, перевірка їх надійності до початку виробництва; застосування в конструкціях машин достатньо відпрацьованої високонадійної елементної бази; застосування нових високоякісних конструкційних матеріалів для

виготовлення деталей, вузлів і базових елементів машин; удосконалення технологій виробництва і контроль якості матеріалів, комплектуючих і виготовлення машин на всіх етапах виробництва.

### *Список використаних джерел*

1. Надійність обладнання харчової галузі. Навчальний посібник. Сухенко Ю.Г., Паламарчук І.П., Жеплінська М.М., Муштрук М.М., Журавель Д.П. – К. ЦП «КомпрІнт», 2019. – 370 с.
2. Журавель Д. П. Моделювання енергетичного балансу трибосистеми сільськогосподарської техніки в середовищі змащувальних матеріалів. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Запоріжжя, 2013. Вип. 1. С. 126-132.
3. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Херсон, 2017. Вип. 5. С.56-65.
4. Журавель Д. П. Оцінка зносу трибоспряжень в середовищі біопаливо-мастильних матеріалів. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2012. Вип. 12. т.2. С. 28-33.
5. Дидур В. А., Журавель Д.П. Надежность мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биологических топливо-смазочных материалов. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / НУБіП ; відп. ред. Д. О. Мельничук. К., 2016. № 251. С. 69-78.
6. Журавель Д. П. Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. Вісник Сумського національного аграрного університету / СНАУ. Суми, 2016. Вип. 10/3(31). С.66-71.
7. Журавель Д. П. Методологія забезпечення надійності мобільної техніки при використанні біологічних ТСМ. Енергозабезпечення технологічних процесів в агропромисловому комплексі України: матер. VI Міжнар. наук.-техн. конф. / ТДАТУ. Мелітополь, 2015. С. 8-10.
8. Журавель Д. П. Забезпечення надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник тез доповідей XVII міжнародної наукової конференції / СНАУ. Суми, 2016. С. 163-164.

УДК 629.083(075.8)

## КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА РІВНЯ ЯКОСТІ ПОСЛУГ ПІДПРИЄМСТВ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ

Субочев О.І.<sup>1</sup>, к.т.н.,

Клименко В.Ю.<sup>1</sup>, магістрант,

<sup>1</sup>Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет  
України, м. Дніпро, Україна.

**Постановка проблеми.** Високі темпу зростання автомобільного парку визначили підвищення попиту на послуги підприємств технічного сервісу (ПТС) і привели до швидкого розвитку підприємств, що надають послуги в цій галузі. Тепер успішно функціонують і розвиваються ПТС різних форм власності, видів діяльності та форм обслуговування. При цьому питання якості послуг, що надаються є злободенним. Проведені дослідження показали, що тільки на 43% ПТС виконується вихідний контроль якості послуг, що надаються, а вхідний контроль за рідкісним винятком не виконується взагалі

**Основні матеріали дослідження.** Автомобільна промисловість і автомобільний транспорт є одним з найважливіших секторів економіки, займають провідне становище в транспортне забезпечення населення і галузей економіки. В даний час спостерігається тенденція зростання чисельності автотранспортних засобів.

Відзначаючи високі темпи автомобілізації по країні в цілому, необхідно відзначити неоднорідність регіональної картини автомобілізації, яку можна охарактеризувати показником насиченості автомобілями, а саме на 1000 людини населення.

Виконання завдань, поставлених для досягнення мети даної статті, пов'язано з вирішенням наступних проблем: визначення номенклатури показників якості та розробка комплексного показника оцінки рівня якості послуг, що надаються ПТС; виявлення на основі експертного аналізу впливу підсистем; рівень якості послуг, що надаються; визначення вагових коефіцієнтів показників якості автосервісних послуг.

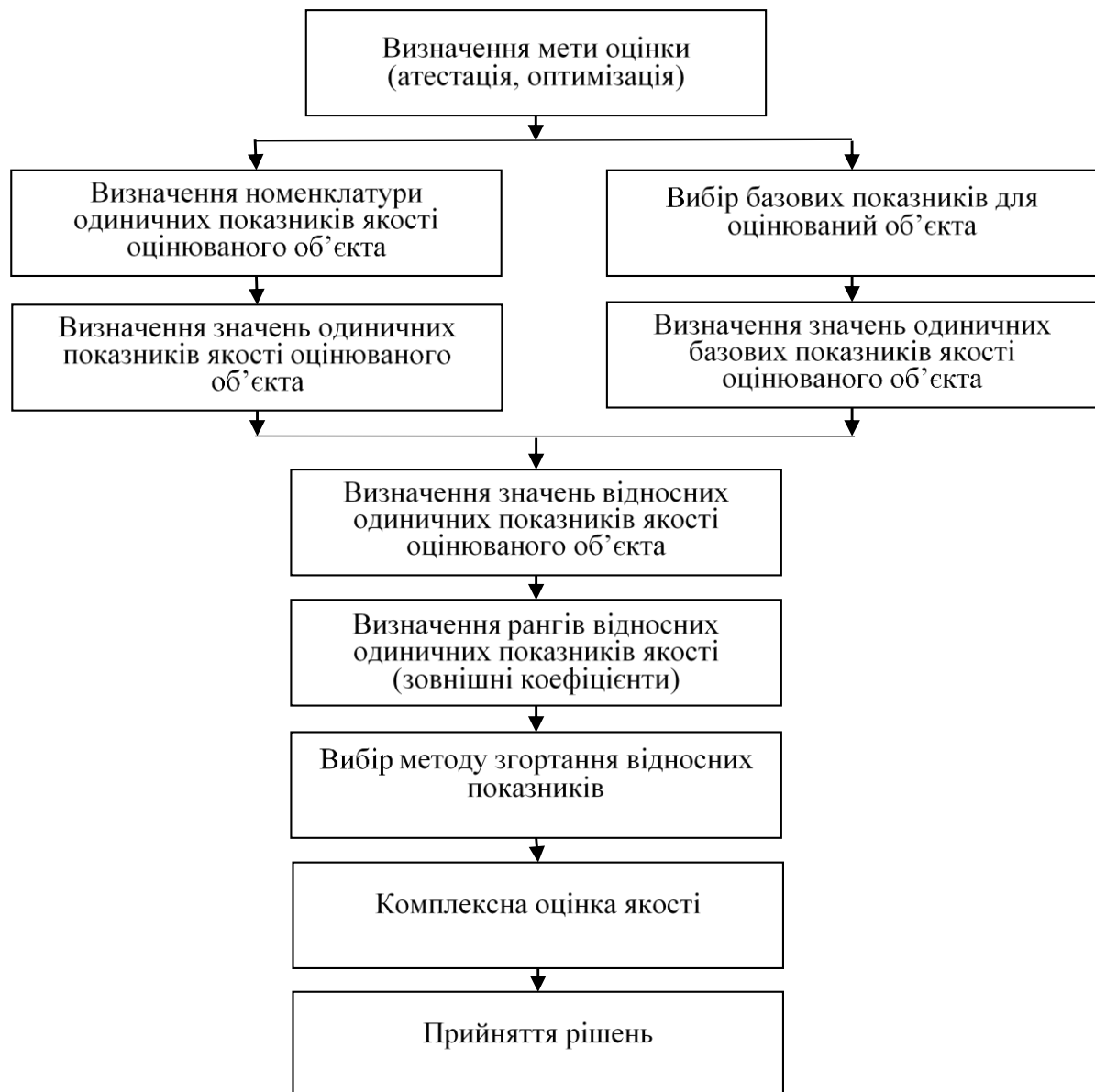
Логічна послідовність операцій при комплексній оцінці рівня якості об'єкта включає в себе десять наступних етапів (рис. 1). національних об'єктів; прогресивні показники якості стандартів, технічні завдання, технічне удосконалення.

При визначенні мети оцінки вирішуються наступні завдання: визначення істотних для клієнта показників якості об'єкта; визначення значущості для клієнтів кожного з істотних показників якості; визначення найбільш доцільних еталонних показників якості.

Вибір номенклатури одиничних показників якості оцінюваного об'єкта. При оцінці рівня якості послуг, показники для оцінки вибираються з технічної документації (стандарт або інший нормативно-технічний документ).

Базові показники якості вибираються на основі базового зразка (зразків) об'єкта. Базові зразки повинні ставитися до об'єктів, аналогічним за призначенням та умовами застосування.

Базові значення показників якості зразків-еталонів приймаються: прогнозовані показники якості продукції (послуги), що представляє перспективний національний або світовий рівень якості; показники якості продукції (послуги), що рекомендуються міжнародними організаціями за якістю; показники якості існуючих світових і національних об'єктів; прогресивні показники якості стандартів, технічні завдання, технічне удосконалення.



**Рис. 1. Алгоритм комплексної оцінки рівня якості об'єкта**

Значення одиничних об'єктивно характеризують оцінюваний об'єкт і визначаються на основі випробувань і вимірювань, експертизи, з технічного завдання, технічного удосконалення об'єкта, відповідних стандартів.

Відносні одиничні показники якості визначаються за формулою:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{i\delta}} \quad (1)$$

де  $P$  - чисельне значення одиничного  $i$ -го показника якості оцінюваного об'єкта;

$P_{i\delta}$  - чисельне значення  $i$ -го показника якості базового зразка.

Показники якості враховують при визначенні комплексного рівня якості об'єкта з ваговими коефіцієнтами. У всіх випадках, коли є можливість виявлення характеру взаємозв'язків між враховуються показниками, визначається функціональна залежність, в найбільшій мірою відповідну об'єктивної кореляції показників. При статичній залежності застосовують згортання за допомогою середнього геометричного, при експоненціальної - середнього гармонійного.

Комплексний узагальнений показник, що характеризує рівень якості продукції:

$$Q = f(n, q_i, k_{B_i}) \quad (2)$$

де:  $q_i$  - відносний  $i$ -й показник якості виробу;

$k_{B_i}$  - коефіцієнт вагомості  $i$ -го показника якості;

$n$  - число оцінюваних показників якості;

$f$  - вживана функція згортання.

У разі, коли точну функціональну залежність знайти не вдається, тоді використовують одну з двох залежностей:

а) комплексний середньозважений арифметичний показник (якщо для всіх показників справедливо  $> 0,5$ )

$$Q = \sum_{i=1}^n (k_{B_i} \cdot q_i) \cdot n \quad (3)$$

б) комплексний середньозважений геометричний показник (якщо хоча б один  $< 0,5$ ):



$$Q = \prod_{i=1}^n q^{t_i} \quad (4)$$

Після вибору методу зведення відносних одиничних показників переходять до обчислень комплексного рівня якості  $Q$ , який в залежності від застосованих показників може характеризувати як якість об'єкта в цілому, включаючи його економічні і багато специфічних параметри, так і окремі сторони об'єкта, наприклад, його технічний рівень.

**Висновки.** Існуючі показники якості послуг, що надаються підприємств технічного сервісу є спеціалізованими за видам робіт. Сучасна ситуація на ринку послуг з ТО і Р автомобілів характерна взаємним проникненням господарюючих суб'єктів в суміжні сектори ринку, тому принцип спеціалізованих показників не може бути застосований при оцінці рівня якості послуг, що надаються ПТС. Визначено номенклатура одиничних показників якості автосервісних послуг, а на їх основі отримані дванадцять відносних показників, найбільш повно дозволяють охопити фактори, що впливають на якість автосервісних послуг, з використанням принципів програмно-цільових і експертних методів, були визначені їх ваги. Отримано розрахункові формули визначення комплексного показника рівня якості автосервісних послуг, які, в залежності від чисельних значень відносних показників.

#### **Список використаних джерел**

1. Лудченко О., Лудченко Я., Чередник В. Управління якістю технічного обслуговування автомобілів: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. К.: Ун-т «Україна», 2012. 327 с.
2. Андрусенко С. І. Бугайчук О. С. Технології підвищення ефективності виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту: навчальний посібник. К. : Медінформ, 2017. 212 с.
3. Марков О.Д. Фактори розвитку автосервісу. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. К. : НТУ, 2018. Вип. 1 (40). С. 203-214.

УДК 629.488

## НЕСПРАВНОСТІ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ТА ЇХ НАСЛІДКИ

Журавель Д.П., д.т.н.

Бондар А.М., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Рульове керування не даремно вважається однією з найбільш важливих систем транспортного засобу, і навіть найменші його несправності можуть призвести до дуже неприємних наслідків. Ця система складається з ряду елементів, тісно пов'язаних і взаємодіючих між собою [1]:

- рульове колесо;
- рульовий вал, який розташований у рульовій колонці;
- рульова рейка, яка складається з зубчастої рейки та шестерні і виконує роль силової передачі.
- рульові тяги. Кожна тяга з одного боку має різьбову частину, а з іншого боку має шарнірну частину.
- рульові наконечники – мають шаровий шарнір та внутрішню різьбу.

Однією з основних деталей рульового механізму вважається рульова рейка, яка контролює синхронний поворот коліс. Існує три основних типа рульових рейок:

1. Механічна рульова рейка – це найпростіший варіант рульового механізму. В даному випадку поворот коліс здійснюється виключно за рахунок фізичної сили оператора.
2. Гідравлічна рульова рейка. Головна відмінність від механічної – наявність гідропідсилювача, яка значно полегшує обертання рульового колеса та робить роботу оператора більш безпечною.
3. Електрична рульова рейка. В даному випадку підсилювання керуючого впливу здійснюється за рахунок роботи електродвигуна. При цьому він може бути розташований безпосередньо на рульовому валу, вмонтовуватись в рульову колонку а також поєднуватись з рейкою. Слід також зазначити, що використання рульового механізму з електропідсиленням є найбільш перспективним напрямком розвитку рульових керувань. Це пов'язано з тим, що така рейка має найбільший ККД, більш надійніша та економічніша.

Однак, як і інші частини конструкції рульового механізму, рульова рейка схильна до певних поломок, починаючи від незначних і до дуже серйозних. Тому необхідно приділяти увагу проблемам рульового керування, а також їх дію на комфорт і безпеку руху. Транспортний засіб з несправним управлінням є джерелом підвищеної небезпеки не лише

для його водія і пасажирів, але і для інших учасників дорожнього руху, а також пішоходів [2]. Існує окремі нормативні документи, в яких описані критичні відхилення, що забороняють експлуатацію транспортного засобу. Це залежить від виду транспортного засобу та специфіки його роботи. Наприклад, це: сумарний люфт рульового керування (від 10 градусів для легкових і від 25 градусів для вантажних машин); незафіксовані різьбові з'єднання; розташування вузлів і деталей не на своїх місцях; несправність або відсутність підсилювача керма (коли він передбачений). За наявності одного або декількох з перерахованих чинників експлуатація транспортного засобу строго заборонена і внаслідок цього можуть бути задіяні адміністративні санкції. Існують і інші ознаки неполадок в роботі рульового керування: стук або повільне обертання керма; його підвищена або знижена чутливість; швидка втрата рідини в гідророзподільнику і т.д.

Дуже поширеними є несправності насоса гідропідсилювача руля (ГПР), що відіграють пряму дію на ефективність управління. До них відноситься той же витік рідини або ж відсутність її руху в системі, попадання механічних домішок [3-5]. Це призводить до певних затруднень при обертанні рульового колеса, появі сторонніх звуків, підтікання рідини - в результаті, знадобиться заміна ГПР. Яким чином можна швидко і ефективно усунути ці проблеми? Враховуючи складність сучасних систем рульового керування, найбільш оптимальним варіантом буде професійний ремонт або повна заміна деталей. Наприклад, якщо знадобиться ремонт рульової рейки, то краще всього таку роботу виконають досвідчені співробітники сервісних підприємств, які спеціалізуються на системах рульового керування. Вони зроблять ретельний огляд і діагностику, промивання деталей, заміну комплектуючих, що вийшли з ладу. Для таких цілей використовуються спеціальні ремонтні комплекти рульових рейок, які завжди повинні бути в наявності. Якщо налагодження неможливе, то необхідно зробити повну заміну деталей.

#### ***Список використаних джерел***

1. Журавель Д.П., Бондар А.М, Дашивець Г.І. Дослідження адаптивної роботи рульового управління транспортного засобу в швидкісному режимі. Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: мат. Міжн. наук.-практ. форуму. Мелітополь, 2019. С. 203-204.
2. Журавель Д.П., Бондар А.М, Триботехніка. Методичні вказівки до самостійної роботи Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. - 116 с.
3. Журавель Д.П. Триботехніка. Посібник до лабораторно-практичних робіт. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 136 с.
4. Журавель Д.П. Триботехніка. Курс лекцій. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 280 с.

УДК 631.171:0041

## ПОЛІПШЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ГАЗОВИХ ДВИГУНІВ ЗАСТОСУВАННЯМ ГАЗОТУРБІННОГО НАДДУВУ

Болтянський О.В., к.т.н.,

Шардін В.С., бакалавр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Зниження потужності бензинового двигуна під час його переобладнання в газовий, що працює на стисненому природньому газі, не говорить про те, що газові двигуни в принципі розвивають меншу потужність, ніж бензинові. Напроти, потужність газових двигунів із таким же робочим об'ємом циліндрів, як у бензинового, може бути навіть більшою, чим в останнього. Для цього треба підвищити ступінь стиску газового двигуна до 9-11 одиниць, що цілком можливо, оскільки газ має високе октанове число, в межах 90-110. Для поліпшення наповнення циліндрів потрібно збільшити прохідні перерізи впускного тракту. Більше того, для газоповітряних неконденсованих паливних сумішей допустимі менші швидкості потоків, за яких знижуються гідравлічні опори у впускній системі. Під час роботи на газі немає необхідності в підігріві свіжого заряду, тому його потрібно виключати. Проте підвищення ступеня стиску позбавляє газовий двигун універсальності. Такий двигун не може працювати на бензині через виникнення детонації [1,2].

В теперішній час немає умов для застосування на автомобільному транспорті чисто газових двигунів через відсутність достатньо розвинутої мережі автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій (АГНКС) не тільки в Україні, але й в інших більш розвинених економічно і технічно країнах. Не можна очікувати, що в найближчому майбутньому такий стан зміниться до кращого, оскільки будівництво нових АГНКС потребує значних капітальних вкладень. Тому говорити про застосування чисто газових двигунів із підвищеним ступенем стиску ще рано [3-5].

Але є інший шлях – використання наддуву газового двигуна. Під час наддуву збільшується масове наповнення циліндрів свіжим зарядом внаслідок підвищення за допомогою компресора тиску на впуску. Компресор може мати механічний привод від колінчастого валу двигуна або приводитися від газової турбіни, що працює на відпрацьованих газах. Газова турбіна і компресор поєднується в одному агрегаті - турбокомпресорі. Застосування турбокомпресора вигідніше, тому що в ньому корисно використовується енергія відпрацьованих газів. Це

сприяє поліпшенню економічності двигуна з газотурбінним наддувом. Але, в такому випадку зростають витрати на газообмін, проте вони набагато менші зростання потужності двигуна і потужності, що витрачається на механічний привод компресора.

З іншої сторони, турбонаддув може відключатися під час роботи або використовуватися з меншою ефективністю. Умови застосування турбонаддуву потребують включення в конструкцію агрегату пристосування для керування його роботою. Обладнання газових двигунів системою турбонаддуву не потребує великих додаткових витрат [6-8].

Включення турбокомпресора в систему газообміну двигуна з однієї сторони збільшує тиск на впуску ( $p_k$ ), а з другої – викликає збільшення протитиску на випуску ( $p_T$ ), а також супроводжується підвищенням температури свіжого заряду перед початком процесу впуску ( $T_k$ ). Величини  $p_k$ ,  $p_T$ ,  $T_k$  під час турбонаддуву залежать від конкретних умов, зокрема, конструктивних особливостей двигуна і турбокомпресора, режиму роботи двигуна, організації регулювання турбонаддуву тощо [9-11].

Внаслідок підвищених значень  $p_k$ ,  $p_T$ ,  $T_k$  робочий цикл в цілому та окремі процеси циклу в двигуні з турбонаддувом за інших рівних умов протікають за більш високих значень тиску і температури робочого тіла в порівнянні з двигуном без турбонаддуву. В такому разі механічна і теплова напруженість двигуна збільшується.

Коефіцієнт наповнення  $\eta_v$  під час турбонаддуву та інших рівних умовах стає вищим, ніж без нього.

Згоряння під час турбонаддуву, завдяки зростанню значення тиску і температури робочого тіла та кращої якості сумішоутворення, характеризується підвищеними швидкостями, що, зокрема, виявляється в зменшенні оптимального кута випередження запалювання  $\theta$ .

При цьому спостерігаються іноді "провали" на кривій  $\theta_{opt}$  зовнішньої швидкісної характеристики двигуна [2]. За інших рівних умов інтенсифікація процесу згоряння повинна викликати додаткове збільшення максимальних значень тиску  $p_z$  і температури  $T_{zmax}$  циклу, котрі під час турбонаддуву підвищуються внаслідок вищих параметрів стану робочого тіла на початку згоряння і більшої маси заряду.

При турбонаддуві кут випередження запалювання  $\theta$  на режимах повного навантаження двигуна часто зменшують від оптимального його значення  $\theta_{opt}$ . За таких умов значення тиску  $p_z$  і температури  $T_{max}$  можуть суттєво зменшитись, а моменти їх досягнення віддалитися від ВМТ. Вплив турбонаддуву на індикаторний  $\eta_i$  і механічний  $\eta_m$  коефіцієнт корисної дії двигуна за реальних розмірів тиску  $p_k$  не істотний. Слід зазначити, що  $\eta_m$  не залежить від  $p_k$  щонайменше до тиску  $p_k = 0,14$  МПа.

Основними проблемами турбонаддуву автомобільних двигунів переважно вважають забезпечення:



- регулювання тиску наддуву та сприятливого протікання кривої крутного моменту двигуна за зовнішньою швидкісною характеристикою;
- роботи двигуна на неусталених режимах та її бездетонаційного характеру.

### *Список використаних джерел*

1. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Аналіз основних тенденцій розвитку світової та вітчизняної сільськогосподарської техніки для рослинництва. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2011. Вип.166, ч.1. С. 255–261.
2. Болтянська Н.І. Забезпечення якості продукції у галузі сільськогосподарського машинобудування. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2014. Вип.196, ч.1. С. 239–245.
3. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник НУБіП. Серія Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип.212, ч.1. С. 275–283.
4. Boltyanskaya N. I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.
5. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Використання нанотехнологій при безрозбірному сервісі автотракторної техніки. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.2. С. 97–102.
6. Болтянська Н.І. Зміни техніко-експлуатаційних показників МЕЗ під впливом на них надійності. Вісник ХНТУСГ імені П. Василенка. 2009. Вип. 89. С. 106–111.
7. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Зменшення витрат енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-технічної конференції «Крама-ровські читання». НУБіП. 2015. С. 54-55.
8. Boltyansky V., Boltyansky O., Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.
9. Болтянський О.В. Використання різних критеріїв при визначенні кількості запасних частин. Праці ТДАТА. Вип. 36. 2006. С. 3-7.
10. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.
11. Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

УДК 681.324

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ СИСТЕМ НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Болтянська Н.І., к.т.н.,

Шокарев О. М., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Системний підхід є методом наукового пізнання, в основі якого лежить дослідження технічного об'єкта як системи. Тобто системний підхід розглядається як методологія наукового пізнання, в основі якого лежить дослідження технічних об'єктів як цілісної системи. При цьому розглядається розуміння системи у взаємозв'язку «людина – технічний об'єкт – середовище». Техніка, машини є складними механічними системами (ремонтованого класу). Технічною системою називається сукупність елементів, об'єднаних конструктивно і функціонально для виконання необхідних функцій. До технічних систем ми відносимо технічні об'єкти та машини. Технічна система на відміну від замкненої фізичної системи є відкритою і реагуючою, що змінюється в залежності від зовнішніх умов, умов експлуатації, технічного обслуговування і ремонту. Основні принципи, що визначають об'єкт як складну систему: ієрархічність, об'єкт як безліч елементів і міжелементних зв'язків, структурність, єдність і цілісність, можливість побудови математичних моделей і моделювання систем [1–4].

При системному підході вирішення проблеми надійності техніки пов'язано з наступними цілями:

1) досягнення найкращих показників надійності машин за функціональними, екологічними критеріями та критеріям безпеки з мінімальними витратами часу, праці і матеріальних засобів;

2) збереження в заданих межах показників надійності, працездатності в експлуатації, а також при зберіганні, транспортуванні, технічному обслуговуванні (ТО) і ремонту;

3) вдосконалення та модернізація технологічного обладнання.

*Властивості систем машин, які є складними технічними системами.* Назвемо ряд властивостей, що відносяться до складних систем. 1. Складним системам властиві самоорганізація, саморегулювання, самоприспосовуваність. 2. Можливість відновлення працездатності по частинах без порушення працездатності і функціонування всієї системи. 3. Ієрархічність.

Надійність – це один з основних показників якості технічного об'єкта, що виявляється в часі і відображає зміни, що відбуваються протягом усього часу його експлуатації, включаючи весь життєвий цикл – від

створення до утилізації. Надійність розглядаємо як властивість машини зберігати необхідні техніко-експлуатаційні параметри, що характеризують надійність протягом всього періоду її експлуатації. При дослідженні надійності відстежується зміна якісних показників машини в часі, що дозволяє вивчати надійність через виконання процесів діагностування та прогнозування безпосередньо в період її роботи. Розглядаючи динаміку зміни стану машини як технічного об'єкта, можна прийти до висновку, що надійність є багатостадійна форма зміни стану машини [5,6].

Надійність виробу закладається при проектуванні, забезпечується при виготовленні і підтримується в експлуатації, тобто проблему забезпечення надійності машини слід вирішувати протягом всього життєвого циклу – від проектування до утилізації машини.

При проектуванні машини обґрунтовуються і закладаються всі основні і необхідні вимоги до забезпечення надійності машини після її виготовлення. При виготовленні машини з урахуванням передбачених режимів функціонування реалізується якість створення машини і контролюється якість виготовлення механізмів, вузлів, де кожен з них буде наділений характеристиками надійності, включаючи жорсткість конструкції, геометричну точність елементів конструкції та інші параметри.

В процесі експлуатації машини реалізується її надійність, при цьому вона залежить від методів і умов експлуатації машини, прийнятої системи її ремонту, методів технічного обслуговування, застосовуваних режимів функціонування вузлів і механізмів та інших експлуатаційних факторів [7-9]. Ігнорування забезпечення надійності технічного об'єкта є найбільш ненадійний шлях її створення, що приводить до зменшення технічного ресурсу застосування. Будь-які відмови машини призведуть до значних матеріальних і фінансових збитків. Статистика відмов та їх причин дає великий обсяг інформації про стан надійності механізмів та вузлів машин і є основним джерелом отримання інформації і виявлення фактичних значень параметрів надійності та причин втрати працездатності та довговічності [10-12]. Статистичні дані про процеси функціонування машини дозволяють отримати реальне уявлення про те, наскільки конструкція, виробництво і умови застосування, експлуатації відповідають закладеним проектом рівнем надійності і безпеки експлуатації. Статистичні дані, отримані під час діагностування, дозволяють проводити прогнозування майбутнього стану машини і вдосконалення процесу функціонування в умовах експлуатації. Таким чином, буде закладено комплексний підхід до вивчення та дослідження фактичного стану надійності технологічного обладнання.

В процесі експлуатації технічний стан машини постійно змінюється з різними швидкостями втрати працездатності. Якщо машина, її механізми та вузли ненадійні, то відбудеться часткова або повна втрата

працездатності, що змушує відновлювати її до заданого рівня за рахунок організації і проведення технічного обслуговування і ремонту. Надійна машина - це основна ознака втрати ефективності її застосування, так як кожна її зупинка через пошкодження механізмів або зниження технічних характеристик вузлів з втратою техніко-експлуатаційних параметрів призведе не тільки до великих матеріальних збитків, а й вплине на погіршення стану виробничої та техносферної безпеки. Загальновідомо, що за весь період експлуатації витрати на ремонт, технічне обслуговування машин в зв'язку з їх зносом часом в кілька разів перевищують вартість нової машини. Великий вплив на надійність машини надають, з одного боку, зовнішні умови експлуатації, з іншого - внутрішні фізико-хімічні процеси, що сприяють руйнуванню, такі як старіння, корозія, підвищений знос, зміни властивостей матеріалів, з яких виготовлені вузли і механізми.

Аналіз надійності складних систем має свої особливості. Специфіка оцінки надійності складної системи полягає в тому, що велику роль відіграють зв'язки між її елементами.

Побудова моделі надійної системи здійснюється з урахуванням властивостей, параметрів і характеристик. При цьому враховуються стан технологічного обладнання:  $S_1$  – працездатний стан в режимі очікування;  $S_2$  – працездатний стан в режимі виконання функцій, роботи, задачі;  $S_3$  – непрацездатний стан, період відновлення працездатності.

При розрахунку надійності використовують структурні схеми з можливістю розчленування складної системи на окремі елементи, для кожного з яких можна визначити ймовірність безвідмовної роботи ( $P_i(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи  $i$ -го елемента під час заданого періоду). Тоді можна визначити ймовірність безвідмовної роботи  $P(t)$  всієї системи. Такі розрахунки називаємо розрахунком системної надійності. Розглядаючи вищезгадані параметри механізмів і вузлів, можна прийти до висновку, що найбільш характерними є випадки, коли простої одного механізму або вузла виводять з ладу всю систему.

Наприклад, більшість приводів машин і механізмів, передач підпорядковуються цій умові. Так, якщо в приводі машини вийде з ладу будь-що: шестерня, підшипник, муфта, важіль управління, електродвигун, насос мащення і т. п., то вся машина з приводом перестане функціонувати. Тоді ймовірність безвідмовної роботи такої системи буде дорівнює добутку ймовірностей безвідмовної роботи її механізмів і вузлів:

$$P(t) = P_1(t) P_2(t) P_3(t). \quad P_n(t) = \prod P_i(t).$$

Якщо вузол складається з 50 деталей, а ймовірність безвідмовної роботи кожної деталі за розглянутий проміжок часу складає  $P_i(t) = 0,99$ , то ймовірність безвідмовної роботи вузла складе  $P(t) = (0,99)^{50} = 0,55$ . Якщо ж вузол з 400 деталей з такою ж ймовірністю, то  $P(t) = (0,99)^{400} = 0,018$ , що говорить про непрацездатність вузла.

Проблеми забезпечення надійності техніки вирішуються при комплексному і системному підходах з вирішенням завдань в організаційному, методичному та кадровому напрямках. Технічні об'єкти, наприклад, машини, є складними механічними системами. При комплексному підході вирішуються завдання забезпечення надійності на всіх етапах життєвого циклу машини. Системний підхід передбачає розгляд машини і забезпечення її надійності як системи причинно-наслідкових зв'язків. Організаційний напрям робіт передбачає розробку програми забезпечення надійності та зниження ризику для всіх етапів життєвого циклу машини, нормативних документів і стандартів, які визначають положення і вимоги до забезпечення надійності техніки.

Вивчення фізичних процесів, які призводять до зміни показників надійності об'єкта та його механізмів, найбільш повно можна провести в умовах системного аналізу стану «середовище, що змінюється - функціонуючий технічний об'єкт – діяльність людини».

Наслідком втрати працездатності є відмови вузлів, механізмів, що призводить до простоїв машини. Основні простої з'являються з технічних причин, у зв'язку з неякісним технічним обслуговуванням, з організаційних причин. Простої характеризують ненадійність машини з появою відмов її функціонування. Відмова функціонування розглядається як позациклова втрата і як подія, що полягає в порушенні працездатності машини. При цьому відмова машини має об'єктивні причини виникнення, але носить випадковий характер, і ймовірність її появи може бути описана різними законами ймовірнісного розподілу параметрів надійності в процесі експлуатації.

Втрата працездатності під час функціонування є природна властивість реальної системи машин. Різні види енергії, які виробляє сама машина і які впливають на машину ззовні, висловлюють оборотні і необоротні процеси зміни її стану, що призводять до погіршення початкових значень техніко-експлуатаційних параметрів машини.

До числа основних напрямків підвищення надійності системи машин слід віднести наступні три напрямки.

1. Підвищення опору системи машин зовнішнім діючим умовам експлуатації. Це має досягатися за рахунок розробки методів створення високоміцних, жорстких, зносостійких конструкцій вузлів і механізмів, а також застосування конструкційних матеріалів високої міцності, зносостійкості, антикорозійної стійкості та ін. 2. Ізоляція машин від шкідливих коливальних процесів і впливів за рахунок установки машини на фундамент для віброізоляції, створення спеціальних температурних умов і вологості. 3. Застосування методів саморегулювання, коли машина здатна автоматично відновлювати втрачені функції і реагувати на зовнішні впливи. Для цього напряму існують необмежені можливості вирішення проблем підвищення надійності, працездатності і довговічності машини.



**Список використаних джерел**

1. Скляр Р. В., Комар А. С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
2. Болтянська Н. І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва шляхом підвищення рівня надійності техніки. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2018. Вип. 282, ч.1. С. 181–192.
3. Болтянська Н. І., Комар А. С. Аналіз конструкцій пресів для приготування кормових гранул та паливних брикетів. Науковий вісник ТДАТУ. 2018. Вип.8. Т.2. С. 44-56.
4. Болтянська Н. І. Роль технічного сервісу при забезпеченні високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 3. Т.1, С. 103-110.
5. Болтянський О. В. Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник НУБіП. Серія Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип.212, ч.1. С. 275-283.
6. Болтянська Н.І. Зміни техніко-експлуатаційних показників МЕЗ під впливом на них надійності. Вісник ХНТУСГ. 2009. Вип.89. С. 106-111.
7. Болтянська Н.І. Підвищення довговічності вузлів тертя мобільної сільськогосподарської техніки застосуванням нанотехнологій. Вісник ХНТУСГ. 2012. Вип.128. С. 132-137.
8. Комар А.С. Кількісні показники економічного аналізу надійності прес-гранулятора з нерухомою матрицею. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 97–104.
9. Болтянська Н. І., Комар А. С. Визначення умови економічної доцільності підвищення надійності прес-гранулятора. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип. 205. 2019. С. 398-405.
10. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N., Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.
11. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.
12. Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

УДК 532.528:621.43

## ОБГРУНТУВАННЯ КАВІТАЦІЙНОГО ЗНОСУ ЕНЕРГОСИСТЕМ

Клик А. В., магістрант,

Журавель Д. П., д.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

**Постановка проблеми.** При експлуатації гідромашин, двигунів внутрішнього згорання та інших енергосистем, постає питання швидкого зношування та руйнування поверхонь деталей у зоні дії кавітації.

**Основні матеріали дослідження.** Явище кавітації виникає в результаті місцевого зниження тиску в рідині, яке може відбуватися або при збільшенні її швидкості (гідродинамічна кавітація), або при проходженні акустичної хвилі великої інтенсивності під час напівперіоду розрідження (акустична кавітація), хоча існують і інші причини виникнення ефекту. Переміщаючись з потоком в область з більш високим тиском або під час напівперіоду стискання, кавітаційна бульбашка закривається, випромінюючи при цьому ударну хвилю (гідравлічні мікроудари великої частоти і високого рівня ударних тисків) [1-5].

Увага до цього явища не випадкова саме з боку конструкторів і експлуатаційників двигунів (зокрема, тепловозних). Кавітація порушує нормальний режим роботи гідросистеми, а в окремих випадках може викликати руйнування її агрегатів. Такому впливу піддаються насоси, золотники, клапани та інші гідроагрегати, причому це проявляється найчастіше в дуже короткий час [2,4].

Схематично механізм виникнення кавітації і її руйнівної дії зводиться до наступного. При зниженні тиску рідини в будь-якій точці потоку до деякої величини рідина закипає (відбувається її вибух), бульбашки газу і пари які виділилися приймаються потоком і переносяться в область більш високого тиску, в якій парові бульбашки конденсуються, а газові стискаються. Так як процес конденсації парового і стиснення газових бульбашок відбувається миттєво, частинки рідини переміщаються до центру з великою швидкістю, в результаті кінетична енергія частинок які зіштовхуються викликає в момент змикання бульбашок місцеві гідравлічні мікроудари, що супроводжуються високими коливаннями температури і тиску в центрах бульбашок (1000-1500 °С; 1500-2000 кг/см<sup>2</sup>) [5,6].

В цьому випадку, якщо процеси протікають поблизу стінок обмежуючих каналів, останні будуть піддаватися неперервним гідравлічним ударам, які викликають місцеві руйнування стінок. Руйнуванню сприяють місцеві високі температури, що розвиваються через скачки та

нерівномірність високого рівня тиску. Ударні дії частинок рідини доповнюються хімічним впливом на метал кисню повітря, що виділяється з рідини, а також реакціями електролітичного характеру (рис. 1).



**Рис. 1. Моделювання явища кавітації**

Під дією високих температур, у присутності кисню повітря, відбувається активне окислення (корозія) контактуючих поверхонь. Виникаючі при цьому окислювальні процеси посилюються тим, що розчинене у рідині повітря містить майже в півтора рази більше кисню, ніж атмосферне повітря. Крім того, інтенсивність окислювальних процесів підвищується в результаті руйнування під дією гідравлічних мікроударів окисної плівки, яка в звичайних умовах уповільнює окислення металевих поверхонь деталей.

Кавітація настає тим раніше, чим більше рідина забруднена твердими частинками. Це обумовлено тим, що на поверхні частинок адсорбується тонкий шар повітря, який при потраплянні в зону зниженого тиску сприяє виникненню кавітації.

Руйнуванню піддаються при розвитку кавітації деталі різних гідроагрегатів, зокрема - гільзи. Незважаючи на різноманіття моделей, більшість гільз об'єднує одна загальна якість. Всі вони є «вологими» (типу WN), тобто в ході роботи змочуються охолоджувальною рідиною. Завдяки цьому конструктивному рішенню здійснюються ефективно відведення теплової енергії, що виникає при згорянні палива, і її наступна передача в теплообмінник.

Уражена ділянка має характерні особливості: отвори часто розташовуються трохи вище і трохи нижче точки повернення поршня. Ці типові точки або місця корозії і називаються кавітаційними пошкодженнями.

У двигуні внутрішнього згорання при русі поршня відбувається вібрація, коливання стінок циліндрів з високою частотою і великою амплітудою. Внаслідок цього на поверхні розділу середовищ спостерігаються утворення і схлопування бульбашок.

Кавітаційні пошкодження або звичайна корозія? Кавітаційні пошкодження мають дві характерні ознаки. По-перше, отвори з'являються

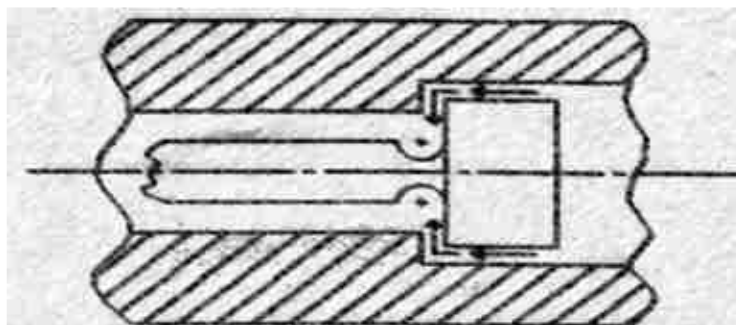
тільки на ділянках тиску або протитиску гільзи. По-друге, на відміну від звичайної корозії отвори збільшуються всередину. Розвиток процесу (ерозія) призводить до того, що відбувається наскрізне руйнування стінки циліндра, аж до витікання охолоджуючої рідини через що з'являється отвір. Крім того, якщо кавітація почала руйнувати поверхню циліндра хоча б в одному місці, то це створює передумови для нових кавітаційних пошкоджень і розвитку корозії.

Від ефекту кавітації страждають не тільки гільзи двигуна, але і багато інших його механізмів і вузлів.

Кавітація, або правильніше, кавітаційна ерозія, не викликає аварії підшипника, але поверхня його набуває плямистий вигляд, а уламки шарів, що утворилися в ході кавітаційної ерозії, потрапляють між шийкою вала і покривним шаром і втискаються в нього. За даними дослідників процес кавітаційної ерозії підшипників може відбуватися в результаті: флуктуації (коливання) тисків в потоці масла через особливості поверхні підшипника і шийки валу - таких, як канавки і свердління; інерційних ефектів всередині свердління шатуна, які використовуються при подачі масла до шатунів пальцю для охолодження поршня; вібрації шийки вала в межах зазору підшипника.

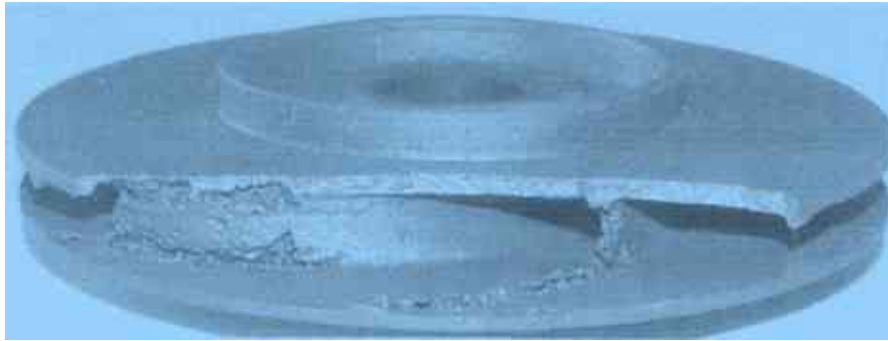
Зона скупчення кавітаційних пошкоджень в основному зосереджена на верхньому шатунному підшипнику через пружною деформації верхнього бугеля при різних тактах двигуна, що викликає утворення пустот і їх схлопування в масляній плівці. Крім того, не останнє місце в утворенні пустот займає і свердління шийки вала для подачі масла до підшипника.

Хоча кавітаційна ерозія спостерігалася і на мідно-свинцевих підшипниках, більш часто вона проявляється на алюмінієвих через їх більш низької втомної міцності. Також до кавітаційного зносу схильні плунжера розподільного золотника (клапана) стежучої гідросистеми, що працює в умовах значного дроселювання рідини (рис. 2).



**Рис. 2. Схематичне зображення кавітаційного зношення плунжера розподільчого клапана**

Кавітація рідини в насосах настає в той момент, коли рідина при усмоктуванні відривається з тих чи інших причин від робочого елемента насоса-поршня, лопатей, зубів. Можливість відриву залежить від в'язкості рідини і величини тиску на вході в насос, а також від числа оборотів і конструктивних особливостей агрегату.



**Рис. 3. Пошкодження від кавітації робочого колеса гідронасосу**

У разі зубчастого і пластинчастого (лопастного) насосів до цих втрат додаються і ті, що обумовлені діючою на рідину відцентровою силою.

При виникненні кавітації в трубопроводах опір їх значно зростає, а пропускна здатність відповідно зменшується. При невеликих перетинах трубопроводів утворюються газові пробки, і рух рідинно-газових фаз відбувається чергуються імпульсами.

Частою причиною кавітаційних пошкоджень буває склад охолоджувальної рідини. У багатьох місцях планети двигуни експлуатуються або взагалі без антифризу в охолоджуючій рідині, або з його незначною кількістю. Однак антифриз служить не тільки для захисту від морозів. Він також запобігає корозії в радіаторі двигуна і змащує насос системи охолодження. Правильно підібраний антифриз корисно впливає на фізичні і хімічні характеристики охолоджуючої рідини. Він знижує її температуру замерзання і підвищує температуру кипіння. Таким чином зменшується схильність рідини до утворення бульбашок, знижується і ризик кавітаційних пошкоджень.

При нормальних експлуатаційних умовах в системі охолодження присутній надлишковий тиск. Відповідно навіть нещільно закрита кришка радіатора перешкоджає утворенню надлишкового тиску, а це значить, що вона може стати причиною кавітаційних ушкоджень гільз циліндрів. Крім того, занадто сильно понизити температуру двигуна і тим самим перешкоджати створенню надлишкового тиску можуть дефектні термостати і муфти вентиляторів.

Кавітаційні пошкодження відзначаються насамперед в двигунах, що працюють в нижньому температурному діапазоні (50-70 °С). При більш високих температурах (90-100 °С) утворенню бульбашок пари, перешкоджає занадто високий тиск охолоджувальної рідини [7].



Низької якості гільзи циліндрів, які через занадто великі виробничі допуски не є можливим встановити правильно, викликають посилену детонацію двигуна. При таких надлишкових коливаннях нерідко виникають кавітаційні пошкодження. Привести до подібних дефектів можуть і низькоякісні матеріали.

**Висновки.** Щоб уникнути небезпеки виникнення кавітації в гідросистемах рекомендується дотримуватися як мінімум наступних умов: тиск в потоці рідини має бути більше тиску насичених парів; режим течії рідини по можливості слід залишати ламінарним; температура робочої рідини не повинна перевищувати значення, при якому може початися утворення газових бульбашок; необхідно домагатися максимально можливого обмеження попадання повітря в робочу рідину; зменшувати висоту всмоктування за рахунок підвищення рівня води в приймальному колодязі.

Найбільш ефективним способом запобігання виникненню кавітації в гідросистемах вважається підвищення робочого тиску в проблемних зонах. Зокрема, радикальним способом боротьби з кавітацією в насосах є застосування насосів підкачування. Для зменшення руйнівного впливу кавітації використовують протиерозійні матеріали, спеціальні покриття з бронзи, хрому та ін. Найбільш стійкими до гідравлічної ерозії показали себе титан, бронза і нержавіюча сталь, а найменш стійкими - чавун і вуглецева сталь. Повністю усунути руйнівну дію кавітації шляхом застосування стійких проти корозії матеріалів не представляється можливим.

### **Список використаних джерел**

1. Сухенко Ю. Г., Паламарчук І. П., Жеплінська М. М., Муштрук М. М., Журавель Д. П. Надійність обладнання харчової галузі. Навчальний посібник. К. ЦП «КомпрІнт», 2019. 370 с.
2. Журавель Д. П. Триботехніка. Курс лекцій з навчальної дисципліни. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 280 с.
3. Дідур В. А., Журавель Д. П. Технічна механіка рідини і газу: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. 468 с.
4. Журавель Д. П. Триботехніка. Посібник до лабораторно-практичних робіт. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 136 с.
5. Дідур В. А., Савченко О. Д., Журавель Д. П., Мовчан С. І. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі. К.: Аграрна освіта, 2008. 577 с.
6. Дідур В. А., Журавель Д. П., Палішкін М. А. та ін. Гідравліка. Підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 624 с.
7. Журавель Д.П. Триботехніка. Методичні вказівки до самостійної роботи. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 116 с.

УДК 629.08.00.6

**ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВИКОНАННЯ  
ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ У ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ**

Бондар А.М., к.т.н.

Антропов Я.В. магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

У даний час кількість транспортних засобів в світі наблизилася до 1 мільярду штук. Щороку випускається близько 50 мільйонів нових машин і величезна кількість автозапчастин. Автомобільні звалища переповнені, величезні шредери працюють на знос, але не справляються з такими обсягами. Відновлювальне виробництво допомагає мінімізувати негативний вплив автомобільної промисловості на навколишнє середовище і забезпечує споживачів доступними автозапчастинами високої якості [1].

Відновлені автозапчастини - поняття, відносно нове для нашого ринку, стало давно звичним для західного споживача, де історія відновлювального виробництва налічує вже понад 80 років [2]. Найбільші виробники компонентів для автомобільної промисловості, такі як ZF, Bosch, CF, Denso, Wabco та багато інших мають відновлювальні виробництва. У США 90% ринку автозапчастин становлять відновлені автозапчастини, в Європі намічається така ж тенденція стрімкого зростання відновлюваного виробництва поряд зі стагнацією ринку нових автозапчастин [3,4]. У той же час, в нашій країні у більшості покупців відновлена запчастина найчастіше асоціюється з колишньою в експлуатації і, як наслідок, не викликає довіри. В основному це пов'язано з тим, що по темі відновлення у нас є дуже мало інформації, в той час як в США - це ціла галузь промисловості, з сформованої структурою, що приносить мільярди доларів доходу і надає тисячі робочих місць. Так, що ж таке відновлюване виробництво і чому йому можна довіряти. Для початку дамо визначення відновленої автозапчастини. Отже, згідно з визначенням міжнародної Асоціації відновників Автозапчастин відновлена деталь повинна відповідати за своїми властивостями новій запчастини і візуально не відрізняється від неї, на вимогу Федеральної Торговельної комісії (США) такі запчастини повинні бути марковані позначкою «rebuilt» (відновлена). Нині існує 2 основні причини формування і розвитку відновлюваного виробництва:

1. Висока вартість нових автозапчастин. Відновленню підлягають, в основному, складні автомобільні вузли, такі як стартери, генератори, компресори кондиціонери, паливні насоси, форсунки, приводи, кермові рейки, насоси гідропідсилювача і ін. Вартість такої запчастини часто є

занадто високою для власника уживаного транспортного засобу. Відновлення автозапчастин дозволяє знизити кінцеву вартість деталі до декількох раз, частково завдяки тому, що власник придбає деталь, яка відповідає вимогам заводу-виготовлювача в обмін на свою стару деталь.

2. Негативний вплив на навколишнє середовище в процесі виробництва нових автозапчастин. Наприклад, компанія Bosch, що є одним з лідерів на ринку відновлення автокомпонентів, на своєму офіційному сайті заявляє про те, що в 2009 році на її виробництві було відновлено 2,5 мільйона автозапчастин, завдяки чому викиди CO<sub>2</sub> скоротилися на 23000 тонн в порівнянні з випуском нових деталей. А, як відомо, один гектар лісового масиву поглинає в середньому 13 тонн CO<sub>2</sub> щорічно. Відповідно, для поглинання 23000 тонн CO<sub>2</sub> було б потрібно лісовий масив площею 1 923 гектара.

Таким чином, можна говорити про ряд переваг відновлених запчастин: по-перше, це економічність. Вартість відновленої запчастини значно нижче, при цьому якість відрізняється незначно. Справа в тому, що у складних агрегатів деталі зношуються нерівномірно і в процесі відновлення замінюються тільки зношені елементи, а такі дорогі складові як корпус і вал в більшості випадків знаходяться в робочому стані і не потребують заміни. Як доказ, на відновлені запчастини дається гарантія. У Європі та США вона доходить до двох років, в нашій країні - лише 6-12 місяців. І справа тут не в якості відновлення, а в якості дорожнього покриття.

По-друге, екологічність. У нашій країні, на жаль, проблеми забруднення навколишнього середовища поки приділяється недостатньо уваги, але все ж останнім часом намітилося поліпшення в цій галузі, уряд декларує свою стурбованість проблемою забруднення навколишнього середовища. В цьому відношенні відновлення - шлях до мінімізації шкідливого впливу на природу.

### *Список використаних джерел*

1. Журавель Д.П., Бондар А.М, Дашивець Г.І. Дослідження адаптивної роботи рульового управління транспортного засобу в швидкісному режимі. Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: мат. Міжн. наук.-практ. форуму. Мелітополь, 2019. С. 203-204.

2. Журавель Д.П., Бондар А.М, Триботехніка. Методичні вказівки до самостійної роботи Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. - 116 с.

3. Журавель Д.П. Триботехніка. Посібник до лабораторно-практичних робіт. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 136 с.

4. Журавель Д.П. Триботехніка. Курс лекцій. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 280 с.

УДК 631.3–192:662.63

## ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРИ ТЕРТІ ТА ЗНОШУВАННІ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ

Петренко К.Г., інженер

Журавель Д.П., д.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна

Для розгляду процесу зношування необхідно мати уяву про основні поняття, які використовуються при вивченні явищ, що відбуваються при контакті та відносному переміщенні тіл, а саме: про поняття зовнішнього тертя, сили тертя, мащення, зношування і зносу.

Зовнішнє тертя - явище опору відносному переміщенню, що виникає між двома тілами у зонах стикування поверхонь по дотичних до них, яке супроводжується дисипацією енергії [1,2].

Дисипативність процесу тертя характеризується перетворенням зовнішньої роботи, витраченої на подолання сил тертя, у теплову, хімічну, електричну та інші види енергії. Незначна частина роботи тертя витрачається на збільшення внутрішньої енергії поверхневих шарів контактуючих тіл (не більше кількох відсотків).

Зовнішнє тертя класифікується залежно від особливостей відносного руху і наявності змащувального матеріалу на поверхнях тертя (таблиця 1).

Таблиця 1

### Класифікація видів тертя

Ознака класифікації	Вид тертя
Наявність відносного руху	Тертя спокою і тертя руху
Характер відносного руху	Тертя ковзання і тертя кочення
Наявність олії	Тертя з олією і без неї

Сила тертя - сила опору при відносному переміщенні одного тіла по поверхні іншого під дією зовнішньої сили, тангенціально спрямованої до спільної межі між цими тілами.

Мащення - дія оливи, внаслідок якої між двома поверхнями зменшується сила тертя і (або) інтенсивність зношування.

Зношування - процес руйнування і відокремлення матеріалу з поверхні твердого тіла і (або) накопичення його залишкової деформації при терті, що виявляється у поступовій зміні розмірів і (або) форми тіла.

Знос - результат зношування, який визначається у встановлених одиницях - довжини, об'єму, маси тощо.

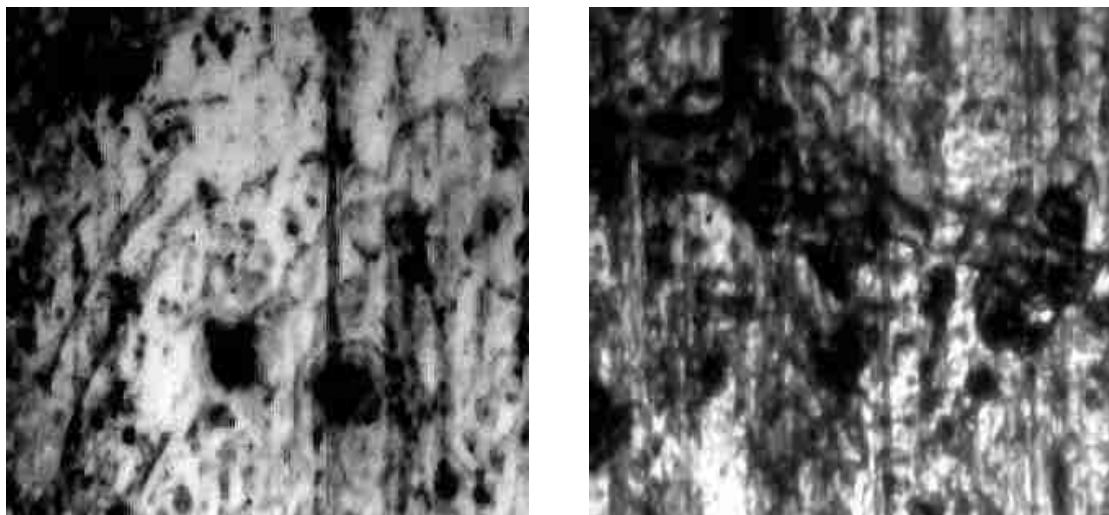
Взаємодія тіл при зовнішньому терті локалізована в дуже тонких поверхневих шарах контактуючої пари. Фізико-механічні й хімічні властивості цих шарів відрізняються від аналогічних властивостей основного матеріалу тіл. Ця різниця пояснюється, в основному, змінами у поверхневих шарах, які відбулися в процесі механічної обробки, а також під впливом тертя [3-5].

Для з'ясування механізму зношування розглядають параметри, якими характеризуються поверхні деталей машин.

Комплекс властивостей, наданих поверхні тіла (деталі) в результаті її обробки, називається якістю поверхні.

Якість поверхні деталей визначається геометричними параметрами, залишковими напруженнями, структурою і зміцненням, середовищем та режимами роботи..

Нами були проведені металографічні дослідження впливу середовища біодизельних палив на стан поверхні металів в залежності від режиму роботи (рис.1).



1.            2

1 – без зупинок, 2- з зупинками на 168 годин

**Рис. 1. Стан поверхні зносу зразків в середовищі біодизеля**

Проведений металографічний аналіз поведінки поверхонь зразків показав, що при зупинці процесу зношування відбувається руйнування поверхневого шару метанолом біопалива.

Якщо в початкові періоди зношування видно тільки механічна дія на зразок, то після зупинки спостерігаються вириви, викликані впливом метанолу в статичному стані, що призводить до прискореного зносу [6].

Геометричні параметри характеризують відхилення форми реальних поверхонь від ідеальних (за кресленням).



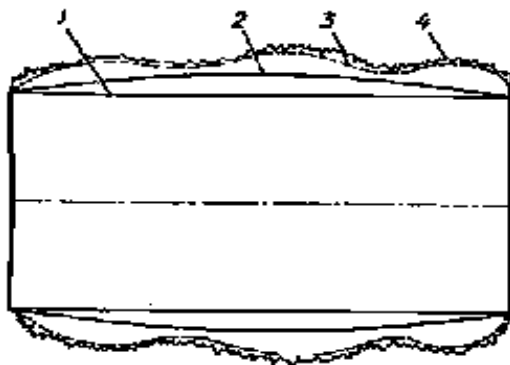
Розрізняють такі основні види відхилень, форми поверхонь (рис.2).

Залишковими напруженнями називають ті, які проявляються у матеріалі (металі) після припинення зовнішнього впливу силового і (або) температурного. Це залежить від способу обробки. Розрізняють гартівні, зварювальні, шліфувальні та інші залишкові напруження.

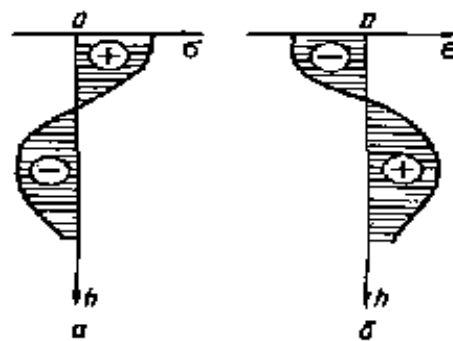
Наприклад, при механічній обробці металів на поверхневий шар деталі впливають сили, які виникають при різанні. Це викликає нагрівання поверхневого шару та його пластичне деформування. Середня температура поверхневого шару сталі при шліфуванні становить 300-400 °С, а самої поверхні - 800-850 °С [7,8].

Такі ж температури того ж порядку характерні і для швидкісного точіння. Нагрівання поверхневого шару металу викликає утворення у ньому після охолодження температурних напружень розтягу (рис.3, а). Пластична деформація металу сприяє розвитку напружень стиску (рис.3, б).

При сумісній дії температурного й силового факторів знак залишкової напруги у поверхневому шарі визначається впливом переважаючого фактора. Наприклад, при фрезеруванні з різними швидкостями різання у поверхневому шарі можуть виникнути як стискуючі, так і розтягуючі напруження.



1 - поверхня за кресленням; 2 - макровідхилення; 3 - хвилястість; 4 - шорсткість  
Рис. 2. Схема відхилень форми поверхні твердого тіла



а - напруження розтягу; б - напруження стиску;  $\sigma$  - напруження;  $h$  - відстань від поверхні  
Рис.3. Епюри залишкових напружень у поверхневому шарі металу

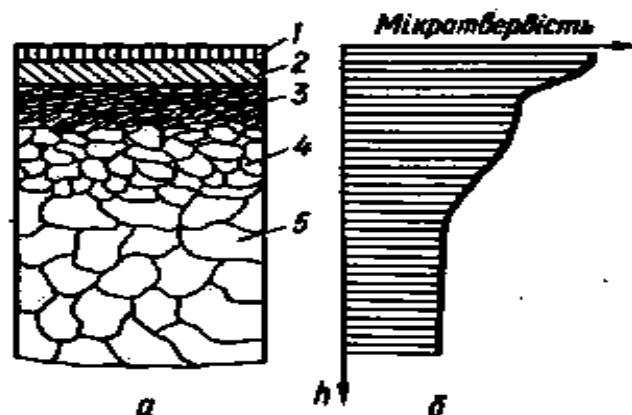
Малі швидкості різання сприяють виникненню стискуючих залишкових напружень.

Залишкові напруження суттєво впливають на експлуатаційні властивості робочих поверхонь, оскільки вони алгебраїчно додаються до зовнішніх (робочих) напружень і можуть їх посилити (ослабити). Найнебезпечнішими вважаються розтягуючі напруження які найчастіше призводять до зниження втомленісної міцності деталей.

Вплив силового й температурного факторів викликає також структурні та фазові зміни у поверхневому шарі, що обумовлює неоднорідність його будови. На поверхні шару атоми мають вільні незрівноважені зв'язки і більшу активність, ніж атоми усередині тіла. Це створює поблизу поверхні атомне (молекулярне) тяжіння мікрочастинок інших речовин із зовнішнього середовища. Відбувається *адсорбція* - утворення на поверхні плівки з газів вологи мастила чи поглинання цих речовин поверхнею (*абсорбція*). Крім цього, через вплив атмосферного кисню поверхня вкривається плівкою окислів. Під плівками є метал, який залежно від відстані до поверхні має різний ступінь деформації та зміцнення. Схематичну будову поверхні сталюї шліфованої деталі і зміну мікротвердості поверхневого шару з глибиною наведено на рис.4.

Залежно від виду і режиму обробки, матеріалу, мастильно-охолодної рідини глибина поверхневого шару становить від 0,2 мкм (при поліруванні) до 2,0 мм (при чорновому точінні).

Складність процесів, які відбуваються при контактуванні тіл призвела до виникнення різних теорій зовнішнього тертя: механічної, молекулярної, молекулярно-механічної, енергетичної та ін.



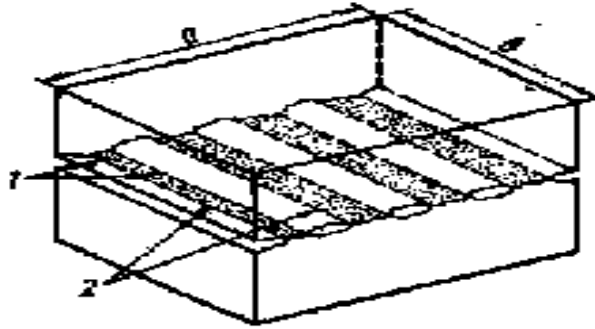
- 1 – адсорбована плівка газів, вологи і забруднень; 2 – плівка окислів;
- 3 – наклепаний шар з дуже деформованою кристалічною ґраткою;
- 4 – наклепаний шар з дуже викривленою кристалічною ґраткою;
- 5 – шар з природною початковою структурою;  $h$  – глибина шару

**Рис. 4. Схема будови поверхневого шару шліфованої деталі (а) і зміна мікротвердості цього шару (б)**

Найбільшого розвитку набула молекулярно-механічна теорія, запропонована І. В. Крагельським. Ця теорія базується на уявленні про двійсту (молекулярно-механічну) природу тертя і дискретність контакту поверхонь при терті.

Розгляд контактування поверхонь з позиції молекулярно-механічної теорії дає таке уявлення про протікання цього процесу.

Внаслідок неминучої наявності макро- і мікровідхилень та хвилястості взаємне зіткнення двох оброблених поверхонь відбувається не по номінальній площі  $A_{ном} = ab$ , а тільки по її частині (рис.5).



- 1 – фактична  $A_{\text{факт}}$  площа контактування;  
2 – контурна  $A_{\text{конт}}$  площа контактування

**Рис.5 .Схематичне зображення різних площ контакту**

У зіткнення звичайно входять найвищі мікронерівності, сумарна площа контакту яких називається фактичною  $A_{\text{факт}}$ . Внаслідок деформацій мікронерівностей утворюються плями дотику, які становлять контурну площу дотику,  $A_{\text{конт}}$ . Фактична площа контакту дорівнює сотим чи десятим часткам відсотка від номінальної площі, а контурна - кільком відсоткам [9,10].

При переміщенні однієї поверхні відносно другої плями дотику переміщуються, зникають, знову з'являються. Взаємодію виступів, що утворюють плями дотику поверхонь тертя, називають фрикційними зв'язками.

Тертя з точки зору молекулярно-механічної теорії - це процес подолання фрикційних зв'язків. Виникнення і порушення цих зв'язків з двоїстою молекулярно-механічною природою визначає процес зношування.

Розрізняють п'ять видів фрикційних зв'язків (за класифікацією І. В. Крагельського) щодо взаємодії поверхонь (рис.5).

Вид фрикційного зв'язку характеризується відношенням глибини укорінення  $h$  одиничної нерівності до її радіуса  $R$  та градієнтом механічних властивостей  $dt/dh$ , що відбиває різницю міцності адгезійного зв'язку поверхневих шарів від міцності розташованих нижче шарів ( $\tau$  - опір зсуву).

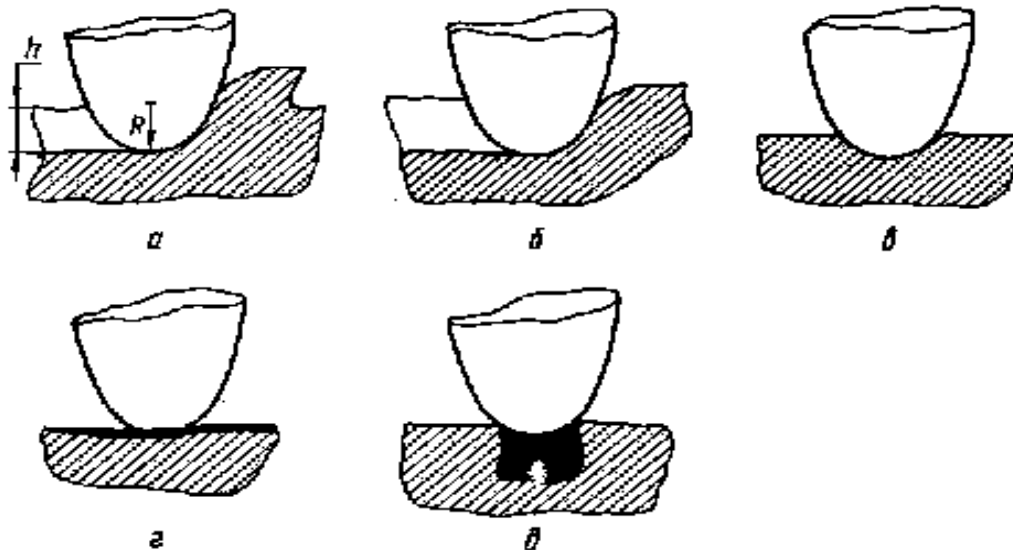
При першому виді фрикційного зв'язку (рис.6, а) здійснюється мікрорізання. Умовою проходження цього процесу є  $h/R > 0,1$  для незмащених поверхонь і  $h/R > 0,2-0,3$  - для змащених. Мікрорізання потребує більших тисків для глибокого укорінення одиничної мікронерівності, при нормальних умовах роботи деталей машин практично не спостерігається.

Пластичне відтискування (другий вид зв'язку) проявляється при  $h/R < 0,1$  (рис.6, б). Поверхневі шари металу при такому деформуванні зміцнюються, мікронерівності вигладжуються. Сили адгезії незначні.

Третій вид фрикційного зв'язку належить до пружного витиснення матеріалу, тобто на контактуючих поверхнях здійснюється взаємодія в умовах пружної деформації -  $h/R < 0,01$  (рис. 6, в).

При четвертому виді зв'язку (рис.6, г) виникає адгезійна взаємодія плівки, яка вкриває поверхню третьових частин деталей. Четвертий вид фрикційного зв'язку відомий як позитивний градієнт механічних властивостей ( $d\tau/dh > 0$ ), коли розташовані вище шари мають меншу міцність, ніж нижчі. Якщо поверхні, що труться, підпорядковані зазначеному правилу, їх пошкодженість найменша.

За п'ятим видом фрикційного зв'язку (рис. 6, д) здійснюється схоплювання поверхонь, яке супроводжується глибинним «вириванням» матеріалу менш міцної поверхні. Для виникнення схоплювання основних матеріалів необхідні достатня величина міжмолекулярних (атомних) сил і попереднє руйнування плівок, що вкривають поверхню деталей.



**Рис.6. Схематичне зображення фрикційних зв'язків при взаємодії поверхонь (а, б, в, г, д)**

Перші три види фрикційних зв'язків характеризують механічну взаємодію мікровиступів, четвертий і п'ятий - молекулярну.

Перераховані фрикційні зв'язки практично не існують відокремлено, найчастіше при контактуванні поєднується кілька їх видів.

Складність вивчення та опису процесу зношування полягає в тому, що утворення й руйнування фрикційних зв'язків супроводжуються так званими похідними процесами, виникненням локальних температур, адсорбційним насиченням елементами з навколишнього середовища та від контртіла, хімічною взаємодією (окисленням) тощо.

**Список використаних джерел**

1. Надійність обладнання харчової галузі. Навчальний посібник. Сухенко Ю.Г., Паламарчук І.П., Жеплінська М.М., Муштрук М.М., Журавель Д.П. – К. ЦП «КомпрІнт», 2019. – 370 с.

2. Журавель Д. П. Моделювання енергетичного балансу трибосистеми сільськогосподарської техніки в середовищі змашувальних матеріалів. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Запоріжжя, 2013. Вип. 1. С. 126-132.

3. Журавель Д.П., Новік О.Ю., Бондар А.М., Петренко К.Г. Триботехніка. Курс лекцій з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 280 с.

4. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Херсон, 2017. Вип. 5. С.56-65.

5. Журавель Д. П. Оцінка зносу трибоспряжень в середовищі біопаливо-мастильних матеріалів. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2012. Вип. 12. т.2. С. 28-33.

6. Журавель Д. П., Юдовинський В.Б. Моделювання хімотологічних та триботехнічних процесів в спряженнях тертя. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь, 2007. Вип. 7, т. 3. С. 30-38.

7. Дидур В. А., Журавель Д.П. Надежность мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биологических топливо-смазочных материалов. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / НУБіП ; відп. ред. Д. О. Мельничук. К., 2016. № 251. С. 69-78.

8. Журавель Д. П. Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. Вісник Сумського національного аграрного університету / СНАУ. Суми, 2016. Вип. 10/3(31). С.66-71.

9. Журавель Д. П. Методологія забезпечення надійності мобільної техніки при використанні біологічних ТСМ. Енергозабезпечення технологічних процесів в агропромисловому комплексі України: матер. VI Міжнар. наук.-техн. конф. / ТДАТУ. Мелітополь, 2015. С. 8-10.

10. Журавель Д. П. Забезпечення надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник тез доповідей XVII міжнародної наукової конференції / СНАУ. Суми, 2016. С. 163-164.



УДК 631.171:0041

## НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ФОРСУНОК СУЧАСНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Болтянський О. В., к.т.н.,

Ускова С. О., бакалавр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

В останні десятиліття з'явився і бурхливо розвивається новий клас дизельної паливної апаратури, що відповідає найвищим вимогам, які висуваються до процесу подачі палива. Це акумуляторна паливна апаратура з електронним управлінням впорскування. Конструкція акумуляторної паливної апаратури постійно ускладнюється, а її виготовлення вимагає розробки нових високих технологій. Найважливішим елементом будь-якої паливної апаратури з електронним управлінням є форсунка, яка визначає закон подачі палива. Відмінною особливістю акумуляторної системи подачі палива є поділ процесів створення високого тиску і дозування палива. Дозування палива, що впорскується виробляється зміною тривалості керуючого імпульсу електромагніту клапана управління електрогідравлічної форсунки. Швидкодіюча електрогідравлічна форсунка дозволяє здійснювати багатофазне впорскування. Останні модифікації форсунок здатні на 7 і більше впорскувань за цикл [1,2].

Важливим параметром роботи електрогідравлічної форсунки є час затримки початку впорскування палива, який зумовлений побічною дією керуючого органу на голку. Після подачі керуючого імпульсу на обмотки електромагніту керуючий клапан відкривається з затримкою через електромагнітні перехідні процеси, які є основною складовою затримки впорскування. Далі відбувається гідродинамічний процес зниження тиску в керуючій камері до величини, необхідної для підйому голки. Час цього процесу залежить від перетину дроселя, що з'єднує камеру управління зі зливом. Однак збільшити перетин дроселя означає зростання витоків палива на управління під час впорскування [3].

Перетин дроселя підбирається таким, щоб забезпечити компроміс між швидкістю підйому голки і витоками на управління. Висока динаміка керуючого клапана електрогідравлічної форсунки необхідна для організації впорскування надмалих порцій палива перед основним впорскуванням, збільшення кількості можливих впорскувань за цикл подачі палива і забезпечення різкого закінчення основного впорскування. Для поліпшення швидкості відкриття і закриття керуючого клапана форсунки 3-го покоління оснащуються п'єзоелектричними клапанами. Швидкодія клапана п'єзоелектричної форсунки становить менше 0,1

мс. Принцип дії п'єзоелектричної електрогідравлічної форсунки, як і у електромагнітної заснований на зміні тиску в надголковій камері. Клапан керування приводиться в рух за допомогою багат шарового п'єзоактюатора через гідроштовхачі. Застосування гідроштовхача обумовлено необхідністю виключення впливу температурного розширення п'єзоелемента на роботу керуючого клапана, а також для збільшення ходу і зниження навантаження на клапан. При розширенні п'єзоелемента верхній поршень гідроштовхача рухається вниз, тиск в камері гідроштовхача збільшується, впливає на нижній поршень, який механічно пов'язаний з клапаном управління. Клапан відкривається. Зазвичай діаметр верхнього поршня більше, ніж діаметр нижнього, завдяки чому збільшується хід клапана і знижується навантаження на нього.

Однак виробництво п'єзоактюаторів технологічно більш складне і дороге, ніж виробництво електромагнітів. Тому роботи по збільшенню швидкодії електромагнітних клапанів тривають. Наприклад, була запропонована електрогідравлічна форсунка з гідравлічно розвантаженим клапаном. Гідравлічно розвантажений клапан забезпечує таку ж площу прохідного перетину, що і кульковий, при менших ходах, тому відкриття відбувається швидше. За рахунок розвантаження, менші гідравлічні сили діють на клапан з боку лінії високого тиску, і посадка клапана займає менший час. В камеру управління електрогідравлічної форсунки з гідрокеруючою пластиною встановлена додаткова гідрокеруюча пластина, яка в стані відсікання знаходиться в крайньому нижньому положенні. При спрацьовуванні електромагнітного клапана тиск над пластиною падає, і вона швидко перевстановлюється в верхнє положення під дією пружини. При цьому перекривається підведення палива під високим тиском в камеру управління. Тиск в камері управління швидко падає, і голка піднімається.

#### *Список використаних джерел*

1. Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

2. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Аналіз основних тенденцій розвитку світової та вітчизняної сільськогосподарської техніки для рослинництва. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2011. Вип.166, ч.1. С. 255–261.

3. Boltyansky V., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.

4. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник НУБіП. Серія Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип.212, ч.1. С. 275–283.

УДК 631.3–192:662.63

## БЕЗМОТОРНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ МОТОРНИХ ОЛИВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Журавель Д.П., д.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Якість моторних олиव характеризується такими загальними фізико-хімічними властивостями, як кінематична в'язкість, забруднення, температура застигання і спалаху, корозійні властивості і деякі інші. Дані властивості відіграють вирішальну роль для знаходження меж використання олив під час роботи двигуна [1-5].

В'язкість олив впливає як на режим змащування, так і на експлуатаційні характеристики вузлів і агрегатів – величину крутного моменту, циркуляційні витоки через ущільнення, надійність запуску і т.д. Для визначення кінематичної в'язкості служать капілярні віскозиметри типу Освальда-Пінкевича або ВПЖ-2, що представляють собою У-образну трубку, в одному коліні якої є дві калібровані шарикові ємності, які переходять капіляр, а в другому коліні – розширена ємність для нагрівання оливи.

Забруднення олив – природний процес, який відбувається внаслідок багатогранних процесів. Основною причиною є забруднення оливи сажею і вуглеводневими частками в результаті неповного згоряння палива в камері згоряння двигуна. Окрім цього в оливу попадають металічні домішки в результаті зносу деталей циліндро-поршневої групи. Також забруднення відбуваються із-за попадання домішок з атмосфери при заправці, транспортуванні і неправильному зберіганні. Найбільшого розповсюдження оцінки забрудненості в оливі отримав метод центрифугування на центрифугах, замість стандартного, який здійснюється методом фільтрування через паперовий знезолений фільтр. Вода також є небажаною домішкою в оливі, так як вона при з'єднанні з сіркою дає реакцію, в результаті якої утворюється сірчана і сірчиста кислоти, які підвищують кислотну агресивність оливи. Для справного двигуна вміст води в оливі становить 0,03 ... 0,05%. Перевищення гранично допустимих значень прискорює окислюваність оливи, піддаються гідролізу присадки, порушується колоїдна стабільність забруднень, і внаслідок їх коагуляції блокуються оливні фільтри, погіршуються протикорозійні та протизносні властивості оливи. Вода в певних умовах може зіграти основоположну роль в аварійному виході двигуна з ладу навіть більшою мірою, ніж відсутні в оливі присадки. При заправці свіжої масла в картер двигуна воду в оливі можна і не помітити, якщо вона знаходиться у вільному стані.

З перших же годин експлуатації відбудеться змішування води з оливою в системі змащування, і тоді (навіть якщо наявність води 0,1%) починається різкий процес деструкції присадок. Така олива, потрапляючи по оливним каналах до поршневих кілець, викликає інтенсивне зростання відкладень під кільцями (присадки як би спікається під кільцями, утворюючи дуже тверді відкладення) за рахунок дії високих температур, що може привести до їх поломки. Подібного роду процеси відбуваються і в сполученні вкладиш-шийка колінчастого вала. У двигунах з гранично зношеними деталями ЦПГ такі процеси відбуваються ще більш інтенсивно. У деяких випадках подібного роду відхилення можна спостерігати на датчику системи змащування (зміна тиску), в інших випадках змінюється потужність двигуна. У всіх випадках необхідно негайно припинити роботу, заглушити двигун, злити оливу, змінити фільтр, промити систему змащення і заправити свіжу оливу. Наявність води визначається якісно і кількісно згідно ГОСТ 1547 і ГОСТ 2477 методом потріскування і випарювання.

Температура застигання визначається згідно ГОСТ 1533. В стандартну пробірку наливають оливу і занурюють її в вертикальному положенні в охолоджувальну суміш певної температури. Через п'ять хвилин пробірку на одну хвилину нахилиють під кутом  $45^{\circ}$ . По рівню зміщення оливи знаходять температуру застигання.

Температура спалаху в відкритому тиглі ГОСТ 4333 – це температура до якої необхідно нагріти оливу, щоб пари її утворили з повітрям вибухову суміш, яка спалахує при піднесенні до неї полум'я. Температура спалаху характеризує вогнебезпечність оливи і вказує на наявність низько киплячих фракцій або домішок пального.

Корозійні властивості олив визначаються згідно ГОСТ 20502. Метод ДК-2-НАМІ лужить для оцінки потенціальної корозійності олив. Прилад ДК-2 уявляє собою ванну для оливи, в якій обертається касета зі вставленими в неї скляними Л-образними формами колбами. В кожну колбу наливають певну кількість оливи і туди ж на склянім тримачі опускають свинцеві пластини. Оскільки баня для оливи встановлено під кутом до горизонту, при обертанні пластини періодично омиваються оливою і повітрям. В приладі ДК-2 процес корозії протікає значно скоріше чим в приладі Пінкевича. Дослід продовжується 10 годин замість 50. Показником корозійних властивостей є втрата маси свинцевих пластин, яка виражена в  $г/м^2$ .

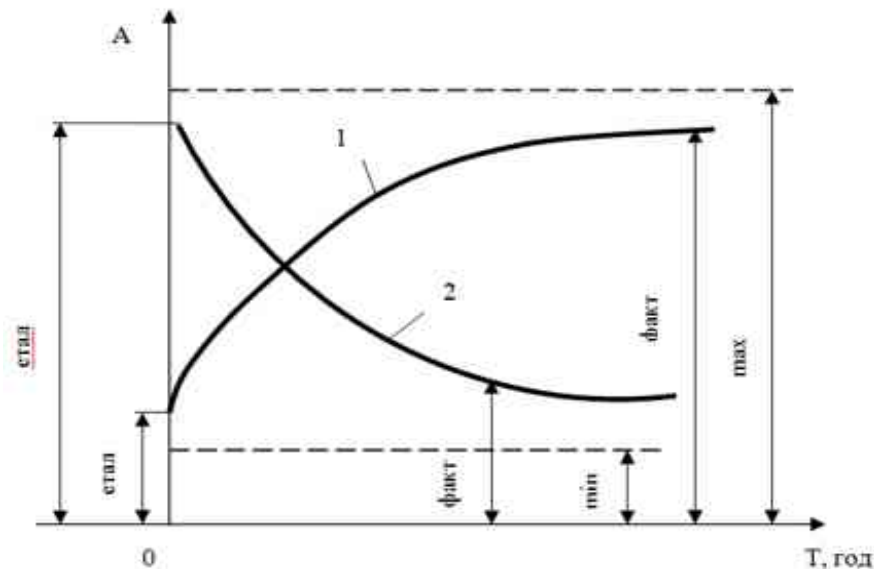
Змащувальні властивості олив – загальна назва декількох властивостей, які впливають на процес тертя і зношення поверхонь тертя в машинах. В умовах граничного змащування оливи, які володіють значною маслянистістю, забезпечують найменше тертя і знос, а також запобігають заїдання трибоспряжень. Найбільше розповсюджені способи оцінки змащувальних олив є механічні випробування їх на приладах і

машинах тертя. Найбільшого розповсюдження отримала чотирьох шарикова машина тертя.

Для оцінки якості можна використовувати оціночні показники до яких пред'являються певні вимоги. Показники становлять систему, яка характеризує і враховує основні фактори, що впливають на старіння оливи. Всі показники виражаються в аналітичному вигляді і описують функціональну залежність зміни стану оливи в двигуні. Оціночні показники працюючої оливи відображають ступінь зношеності його до моменту вибракування. Бракувальні - це такі значення того чи іншого показника якості, при досягненні якого олива вважається непридатною для застосування в двигуні. При досягненні бракувального показника відбувається помітне збільшення швидкості зношування, утворення нагаровідкладень або якась інша зміна, яка безпосередньо впливає на економічність і надійність двигуна.

Кожен із оціночних показників повинен мати фактичне значення при виконанні процесу і еталонну величину, яка встановлюється певними нормами [6-10]. Тому в основу розрахунку оціночних показників покладений принцип порівняння, тобто відношення між фактичними і еталонними показниками. В результаті чого утворюються коефіцієнти досконалості процесу старіння оливи. Орієнтуючись на те, що основні показники якості оливи змінюються по двом основним закономірностям (негативні властивості збільшуються, а позитивні зменшуються), здійснюється розрахунок коефіцієнтів якості оливи.

На рис.1 наведено теоретичні залежності розрахунку коефіцієнтів якості моторної оливи.



**Рис. 1. Теоретичні залежності розрахунку коефіцієнтів якості моторної оливи**

Будь-яка товарна олива має вихідні величини, які приймаються за еталонні. По мірі роботи двигуна, олива втрачає свої початкові властивості, фактичні значення показників змінюються і досягають якихось



мінімальних або максимальних значень, які приймаються за бракувальні. Коефіцієнти досконалості процесу старіння оливи можуть оцінюватися простими формулами, які для процесів, що відбуваються за кривою 1, виражені відношенням еталонних величин, тобто величин, які відповідають значенням товарних олив до фактичних величин, отриманих за певний період експлуатації енергетичних засобів, тобто:

$$S_1 = \frac{A_e}{A_\phi} \quad (1)$$

Для процесів, якщо відбуваються за кривою 2 необхідно брати відношення фактичних значень параметрів до еталонних. Тоді коефіцієнти якості оливи записуються в наступному вигляді:

$$S_2 = \frac{A_\phi}{A_e} \quad (2)$$

Використовуючи дані міркування, можна записати формули деяких коефіцієнтів, які характеризують якісні зміни працюючих моторних олив. Дані коефіцієнти наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

## Критерії оцінки якості моторних олив

Група	№ п/п	Найменування коефіцієнта	Розрахункова формула	Позначення
1	1	Коефіцієнт в'язкості	$\eta_\vartheta = \frac{\nu_e}{\nu_\phi}$	$\nu_e, \nu_\phi$ - еталонна і фактична в'язкості, сСт
	2	Коефіцієнт концентрації іонів водню	$\eta_{pH} = \frac{pH_\phi}{pH_e}$	pH $\phi$ , pH $e$ - фактична і еталонна концентрація іонів водню, г-ІОН/л
	3	Коефіцієнт кислотності	$\eta_K = \frac{K_e}{K_\phi}$	$K_e, K_\phi$ - еталонна і фактична кислотності, мг КОН/г
	4	Коефіцієнт світлопроникності	$\eta_{СП} = \frac{СП_e}{СП_\phi}$	СП $e$ , СП $\phi$ - еталонна і фактична світлопроникненість
	5	Коефіцієнт наявності заліза в оливі	$\eta_{F_e} = \frac{F_e e}{F_e \phi}$	$F_e e, F_e \phi$ - еталонна і фактична наявність заліза в оливі, %
	6	Коефіцієнт забруднення нерозчинним осадом	$\eta_x = \frac{X_e}{X_\phi}$	$X_e, X_\phi$ - еталонна і фактична наявність нерозчинного осаду в оливі, %
2	1	Коефіцієнт витрата оливи на угар	$\eta_y = \frac{y_\phi}{y_e}$	$y_e, y_\phi$ - еталонна і фактична витрата оливи на угар, %
	2	Коефіцієнт довговічності	$\eta_y = \frac{\tau_e}{\tau_\phi}$	$\tau_e, \tau_\phi$ - еталонний і фактичний строк служби оливи, год

Узагальнений коефіцієнт якості оливи змінюється сторону зменшення від величини, яка дорівнює 1,0 до її бракувального значення і знаходиться за формулою:

$$\Theta = \frac{\sum \Pi_i \cdot n_i}{n_i}, \quad (3)$$

де  $\Pi_i$  – величина  $i$ -го коефіцієнта;

$n_i$  – кількість  $i$ -х коефіцієнтів.

Група 1 об'єднує показники якості оливи, які безпосередньо впливають на знос поверхонь тертя деталей двигуна.

Група 2 – показники, які опосередковано характеризують процес старіння оливи.

Для знаходження показника періодичності оливи використовують теорію приведених показників, де закон приведення виражається формулою:

$$\Pi = \frac{\Phi}{Y}, \quad (4)$$

де  $\Pi$  – приведений показник;

$\Phi$  – фактичний показник;

$Y$  – питомий показник.

На підставі цього основним показником, який служить для визначення тривалості роботи оливи, може бути тривалість роботи, яка приведена до режиму номінального навантаження двигуна. Цим показником є приведений час, який виражений відношенням:

$$T_{пр} = \frac{Q}{G_{T_{max}}}, \quad (5)$$

де – загальна витрата пального, кг;

$G_{T_{max}}$  - максимальна витрата пального, кг/год.

По мірі старіння оливи відбувається зміна коефіцієнтів і спостерігається їх прагнення до нуля. Причому ці зміни відбуваються в перші години роботи, а в наступний період швидкість зниження відбувається більш плавно по кривій, прагне до мінімального значення і має експоненціальний вигляд. Характерно, що чим ближче значення коефіцієнтів до одиниці, тим краща олива, тим більший її функціональних властивостей і тим довше воно може використовуватись в роботі. Чим ближче значення показників до нуля, тим гірша олива, тим швидше вона піддаватиметься заміні і вибракуванню. При визначенні коефіцієнтів якості необхідно звернути увагу на зміну коефіцієнта лужності і коефіцієнта забрудненості оливи механічними домішками. Ці коефіцієнти в процесі старіння оливи раніше, ніж інші, приближаються до бракувальних. І вони є основними для підготовки оливи до її заміни. Заміну оливи необхідно здійснювати при досягненні показниками певних рекомендованих значень.

Найбільш оптимальним відхиленням в'язкості для оливи, які працюють в двигунах, є відхилення її на 20 - 25%, граничне значення відхилення допускається до 25 - 30%, що відповідає зміні в'язкості на 2 - 3 мм<sup>2</sup>/с.

За нормами експлуатації на суднові й тепловозні двигуни мінімальне значення температури спалаху оливи у відкритому тиглі дорівнює 160-170<sup>0</sup> С. Така ж вимога поширюється на оливи, що працюють на тракторних і комбайнових двигунах.

Величина кислотного числа для свіжих масел (без присадок) зазвичай не перевищує - 0,15 - 0,20 мг КОН / г, але при роботі двигуна швидко зростає, досягаючи значень 2,0 - 2,5 мг КОН / г. Оливи з кислотністю до 2,0 мг КОН / г при відсутності води мають незначну корозійну дію в двигунах з сталевалюмінієвими підшипниками, але в двигунах з свинцевистими підшипниковими сплавами кислотність оливи, яка дорівнює 0,5 - 0,6 мг КОН / г, є вже неприпустимою.

Мінімальний рівень лужності оливи в картері, який забезпечує нейтралізацію кислих продуктів згоряння сірнистого пального, не повинен бути нижче чисельного значення вмісту сірки в пальному (у відсотках). Концентрацію водневих іонів прийнято характеризувати величиною водневого показника рН. Для нейтрального середовища рН = 7,0, для кислого - рН < 7,0, для лужного рН > 7,0. Витрата присадки контролюється по зниженню рН. Для двигунів, працюючих на пальному з вмістом сірки до 1%, нижня межа рН допускається до 5 г - іон / л.

В якості бракувального показника для зміни оливи рекомендується коксованість по Конрадсону, яка для олив без присадок і карбюраторних двигунів дорівнює 2,0%, для дизелів - 3,0%, для олив з присадками для дизелів - 4,0%.

Зміст нерозчинних в бензині домішок визначається методом центрифугування, виявляється в 2-4 рази більше, ніж при визначенні механічних домішок в оливі і, отже, бракувальному норма повинна бути також відповідно збільшена. Нерозчинні в бензині домішки повинні бути не вище 2,5-3,0%. Вміст води в оливі до 0,5% вважається недопустимим.

Диспергуюча здатність олив визначається методом «п'ятна» і характеризується коефіцієнтом К, тобто відношенням зовнішнього діаметра зони дифузії до внутрішнього. При  $K > 1,35$  спостерігається повна відсутність активної присадки в дизельній оливі. Якщо величина  $K < 1,35$ , то дизельна олива тракторів містить граничний рівень механічних домішок і її необхідно замінити.

Витрата оливи на угар на ряді вітчизняних дизелів є декілька завищена і досягає 3,5-4,0% від витрати пального.

Довговічність оливи залежить від умов експлуатації двигуна. Граничне значення часу, до якого дозволяється робота дизельної оливи, може досягати 480 мото-годин і вище.

**Список використаних джерел**

1. Журавель Д.П. Моделювання процесів зміни кількісних і якісних показників моторних масел при їх використанні. Праці ТДАТА. Вип.2, т.14. Мелітополь, 2000. С. 37-40.
2. Журавель Д.П. Эффективность использования восстановленных моторных масел в тракторных двигателях. Труды ТГАТА. Вип.1, т.18. Мелітополь, 2001. С. 24-28.
3. Журавель Д.П. Исследование смазочной способности масел в сопряжениях автотракторных двигателей. Отраслевое машиностроение. Труды ТГАТА. Вып. 2, т.1. Мелітополь, 1997. С. 46-48.
4. Журавель Д.П. Моделирование триботехнических процессов в сопряжениях автотракторных двигателей. Отраслевое машиностроение. Труды ТГАТА. Вып. 1, т.6. Мелітополь, 1998. С. 38-43.
5. Журавель Д.П. Метод оценки состояния триботехнических свойств моторных масел. Отраслевое машиностроение. Труды ТГАТА. Вып.1, т.13. Мелітополь, 1999. С. 65-67.
6. Журавель Д. П. Методологія підвищення надійності сільськогосподарської техніки при використанні біопально-мастильних матеріалів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Тавр. держ. агротехнол. ун-т. Мелітополь, 2018. 44 с.
7. Журавель Д.П., Новік О.Ю., Бондар А.М., Петренко К.Г. Триботехніка. Курс лекцій з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 280 с.
8. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Херсон, 2017. Вип. 5. С.56-65.
9. Журавель Д. П. Оцінка зносу трибоспряжень в середовищі біопаливо-мастильних матеріалів. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2012. Вип. 12. т.2. С. 28-33.
10. Журавель Д. П., Юдовинський В.Б. Моделювання хімотологічних та триботехнічних процесів в спряженнях тертя. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь, 2007. Вип. 7, т. 3. С. 30-38.

УДК 631.171:0041

**ПРОГРЕСИВНІ СИСТЕМИ ВПОРСКУВАННЯ ПАЛИВА**

Болтянський О.В., к.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Впорскування палива в дизельних двигунах може проводитись двома способами: в попередню камеру або безпосередньо в камеру згорання.

Двигуни з впорскуванням в попередню камеру відрізняє низький рівень шуму і плавність роботи. Але нині перевага віддається системам безпосереднього впорскування. Незважаючи на підвищений рівень шуму, такі системи мають високу паливну економічність [1,2].

Визначальним конструктивним елементом системи впорскування дизельного двигуна є паливний насос високого тиску.

Система впорскування насос-форсунками є сучасною прогресивною системою впорскування палива дизельних двигунів. На відміну від системи впорскування Common Rail в даній системі функції створення високого тиску і вприскування палива об'єднані в одному пристрої - насос-форсунці. Власне насос-форсунка і становить однойменну систему впорскування.

Застосування насос-форсунок дозволяє підвищити потужність двигуна, знизити витрату палива, викиди шкідливих речовин, а також рівень шуму [3,4].

В системі на кожен циліндр двигуна доводиться своя форсунка. Привід насос-форсунки здійснюється від розподільного валу, на якому є відповідні кулачки. Зусилля від кулачків передається через коромисло безпосередньо до насос-форсунки.

Конструкція насос-форсунки включає плунжер, клапан управління, запірний поршень, зворотний клапан і голку розпилювача.

Плунжер служить для створення тиску палива. Поступальний рух плунжера здійснюється за рахунок обертання кулачків розподільного валу, зворотний рух - за рахунок плунжерної пружини [5-7].

Клапан управління призначений для управління впорскуванням палива. Залежно від приводу розрізняють електромагнітний і п'єзоелектричний клапани. П'єзоелектричний клапан прийшов на зміну електромагнітного клапану. П'єзоелектричний клапан має більшу швидкість. Основним конструктивним елементом клапана є голка клапана.

Пружина форсунки забезпечує посадку голки розпилювача на сидло. Зусилля пружини при необхідності підтримується тиском палива. Ця функція реалізується за допомогою запірного поршня і зворотного



клапана. Голка розпилювача призначена для забезпечення безпосереднього впорскування палива в камеру згоряння.

Управління насос-форсунками здійснює система управління двигуном. Блок управління двигуном на підставі сигналів датчиків управління клапаном насос-форсунки [8].

Конструкція насос-форсунки забезпечує оптимальне і ефективне утворення паливно-повітряної суміші. Для цього в процесі впорскування палива передбачені наступні фази:

- попереднє впорскування;
- основне впорскування;
- додаткове впорскування.

Попереднє впорскування проводиться для досягнення плавності згоряння суміші при основному впорскуванні. Основне впорскування забезпечує якісне сумішоутворення на різних режимах роботи двигуна. Додаткове впорскування здійснюється для регенерації (очищення від накопиченої сажі) сажового фільтру [9,10].

Робота насос-форсунки здійснюється наступним чином. Кулачок розподільного валу через коромисло переміщує плунжер вниз. Паливо перетікає по каналах форсунки. При закритті клапана відбувається відсікання палива. Тиск палива починає рости. При досягненні тиску 13 МПа голка розпилювача, долаючи зусилля пружини, піднімається і відбувається попереднє впорскування палива.

Попереднє впорскування палива припиняється при відкритті клапана. Паливо переливається в живильну магістраль. Тиск палива знижується. Залежно від режимів роботи двигуна може здійснюватися один або два попередніх впорскування палива.

Основне впорскування проводиться при подальшому русі плунжера вниз. Клапан знову закривається. Тиск палива починає рости. При досягненні тиску 30 МПа, голка розпилювача, долаючи зусилля пружини і тиск палива, піднімається і відбувається основне впорскування палива.

Чим вище тиск, тим більше кількості палива стискається і відповідно більше впорскується в камеру згоряння двигуна. При максимальному тиску 220 МПа впорскується найбільша кількість палива, тим самим забезпечується максимальна потужність двигуна.

Основне впорскування палива завершується при відкритті клапана. При цьому падає тиск палива і закривається голка розпилювача.

Додаткове впорскування виконується при подальшому русі плунжера вниз. Принцип дії насос-форсунки при додатковому впорскуванні аналогічний основному впорскуванню. Зазвичай проводиться два додаткових впорскування палива.

Переваги цієї системи в гнучкому управлінні згорання палива і відсутності додаткового насоса. Працюючи під тиском 200-220 МПа, насос-форсунка забезпечує дуже високу економічність і чистоту вихлопу. При цьому двигун працює так само тихо і рівно, як бензиновий.

Але система має і явні недоліки:

- швидкий знос насосної частини;
- високі вимоги до якості дизельного палива;
- погана ремонтпридатність.

#### **Список використаних джерел**

1. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Аналіз основних тенденцій розвитку світової та вітчизняної сільськогосподарської техніки для рослинництва. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2011. Вип.166, ч.1. С. 255–261.

2. Болтянська Н.І. Забезпечення якості продукції у галузі сільськогосподарського машинобудування. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2014. Вип.196, ч.1. С. 239–245.

3. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник НУБіП. Серія Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип.212, ч.1. С. 275–283.

4. Boltyanskaya N. I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.

5. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Використання нанотехнологій при безрозбірному сервісі автотракторної техніки. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.2. С. 97–102.

6. Болтянська Н.І. Зміни техніко-експлуатаційних показників МЕЗ під впливом на них надійності. Вісник ХНТУСГ імені П. Василенка. 2009. Вип. 89. С. 106–111.

7. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Використання різних критеріїв при визначенні кількості запасних частин. Праці ТДАТА. 2006. Вип. 36. С. 3–7.

8. Boltyansky V., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.

9. Boltyanskaya N. I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.

10. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.

УДК 631.3–192:662.63

## ОБГРУНТУВАННЯ ВИДІВ ЗНОШУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ЇХ ОЦІНКИ

Журавель Д.П., д.т.н.

Гвоздовський О.М., магістр

Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна

Незважаючи на складність й різноманітність процесів, що впливають на зношування поверхонь, є основні, які переважають у даних конкретних умовах тертя. Вони визначають вид зношування і характер зносу поверхонь. Для уніфікації уявлень про основні процеси при зношуванні їх класифікують на такі основні види зносу (рис.1).



Рис. 1. Схема основних видів зносу машин і механізмів

В умовах експлуатації на деталі сільськогосподарських машин впливають практично всі види зношування, але для окремих з них характерним є один, переважаючий вид [1,2]. Наприклад, абразивне зношення характерне для систем мобільної техніки - газорозподільної, кривошипно-шатунної, гідравлічної та ін. Гідрогазоабразивне спостерігається на деталях розпилувачів паливних насосів високого тиску та ін.

Приклад ерозійного зношування - це руйнування робочих кромek золотників гідравлічних агрегатів, клапанів запірних та регулювальних пристроїв гідравлічних і парових систем.

Втомлюване зношування характерно для зубів шестерень та доріжок підшипників кочення.

Кавітаційному зношуванню підлягають зовнішні поверхні гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання, лопатки відцентрових насосів.

Зношування при фретінг-процесі притаманне деталям нерухомих з'єднань типу корпус — підшипник, шліцьовий вал – шестерня.

Адгезійне зношування найчастіше спостерігається у парах тертя - ковзання (торцеві ущільнення гідросистем, колінчастий вал-вкладиш в умовах порушення режимів мащення).

Окислювальне зношування відбувається у тому випадку, коли на контактуючих поверхнях виникають плівки окислів, які в процесі тертя руйнуються і знову утворюються. Цей вид зношування спостерігається у шарнірно-болтових з'єднаннях тяг і важелів механізмів керування [3].

Ковзаючі електричні контакти типу щітка-колектор є типовим прикладом з'єднання, де деталі зазнають дії електроерозійного зношування. На кафедрі технічного сервісу та систем в АПК під керівництвом д.т.н. проф. Журавля Д.П. було розроблено наглядно-інформаційний стенд «Види зношування» при вивченні дисципліни «Триботехніка» для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування" (рис.2).



**Рис.2. Наглядно-інформаційний стенд для вивчення видів зношування**

Розглянуті види зносу і пошкоджень деталей машин не є вичерпними, оскільки з розвитком науки і техніки відбувається удосконалення понять і відповідно класифікацій [4].

Для оцінки зношування поверхонь тертя використовують регламентовані визначення характеристик процесу. До них належать поняття про граничні та допустимі зноси, швидкість та інтенсивність зношування [5-8].

Граничний знос - це знос, який відповідає граничному стану об'єкта або його складової частини.

Допустимий знос - знос, при якому об'єкт зберігає роботоздатність протягом встановленого напрацювання (допустимий знос завжди менший від граничного).

Швидкість зношування - відношення значення зносу до інтервалу часу, протягом якого він виникає.

Інтенсивність зношування - відношення значення зносу до обумовленого шляху, де відбувалося зношування, або до обсягу виконаної роботи.

Відповідно до одиниць виміру зносу розрізняють лінійну, об'ємну і масові інтенсивності зношування. Формули для їх розрахунків наступні:

$$I_l = \frac{\Delta h}{L_T}, \quad (1)$$

де  $I_l$  - лінійна інтенсивність зношування;  
 $\Delta h$  - товщина зношеного шару, м;  
 $L_T$  - шлях тертя, де відбувається знос, м;

$$I_o = \frac{\Delta V}{L_T \cdot A_T}, \quad (2)$$

де  $I_o$  - об'ємна інтенсивність зношування;  
 $\Delta V$  - зміна об'єму витертого тіла, м<sup>3</sup>;  
 $A_T$  - площа поверхні зношування, м<sup>2</sup>;

$$I_m = \frac{\Delta M}{\rho \cdot L_T \cdot A_T}, \quad (3)$$

де  $I_m$  - масова інтенсивність зношування;  
 $\rho$  - густина матеріалу, що зношується, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\Delta M$  - зміна маси матеріалу, кг.

Для характеристики здатності матеріалу чинити опір зношуванню часто використовують термін «зносостійкість». Кількісно зносостійкість оцінюється величиною, оберненою інтенсивності або швидкості зношування [6,7].

Вимірювання значень зносу, необхідних для характеристики процесу, здійснюється під час лабораторних, стендових та експлуатаційних випробувань. Залежно від призначення виміри зносу здійснюють одним з наведених методів: мікрометруванням, зважуванням (визначення продуктів зношування у мастилi), за допомогою поверхневої активації, вмонтованих датчиків та штучних баз.

Метод *мікрометрування* базується на визначенні лінійного зносу шляхом вимірювання розмірів деталей (або зразків) вимірювальними



інструментами (мікрометрами, індикаторами та ін.) до і після зношування. Цей метод не забезпечує необхідної точності при невеликих значеннях зносу, часто потребує розбирання вузла і повторних вимірів [8-10].

*Зважуванням* визначають масовий сумарний знос поверхонь. Вимірювання складається з визначення різниці маси деталі до і після зношування. Недоліком методу є неможливість визначити значення зносу на різних поверхнях тертя та необхідність розбирати з'єднання.

Метод *штучних баз* полягає у визначенні зміни розмірів штучно нанесених заглиблень на зношену поверхню. Заглиблення виконують натисканням конусного або пірамідального індентора, вирізуванням лунок. Найширшого розповсюдження набув метод вирізування лунок. Знос плоскої поверхні з використанням лунок (рис.3) визначають за формулою:

$$\Delta h = h - h_1 = \frac{l^2 - l_1^2}{8r}, \quad (4)$$

де  $\Delta h$  - товщина зношеного шару (знос);

$h, h_1$  - відповідно глибина відбитка до і після зношування;

$l, l_1$  - відповідно довжина лунки до і після зношування;

$r$  - радіус, описаний верхівкою різця.

При визначенні зносу циліндричної поверхні користуються формулою:

$$\Delta h = 0,125(l^2 - l_1^2) \cdot \left( \frac{1}{r} \pm \frac{1}{R} \right), \quad (5)$$

де  $l, l_1$  - відповідно довжина лунки до і після зношування;

$r$  - радіус, описаний верхівкою різця;

$R$  - радіус кривизни поверхні тертя на місці лунки.

У формулі (5) приймають знак «плюс» для опуклих «мінус» - угнутих поверхонь.

Для визначення зносу за вмістом продуктів зношування у мастилі періодично відбирають його проби з порожнин об'єкта що експлуатується, і за кількістю і складом частинок зносу визначають інтенсивність зношування.

Кількісний аналіз проводять найчастіше спектральним методом який не потребує розбирання вузла, але і не дає диференціювати знос різних поверхонь, деталей з однаковим хімічним складом.

Метод визначення зносу деталей *за допомогою поверхневої активації* дає сталу інформацію про вузли діючих агрегатів які зазнають тертя. Радіоактивність досягається за рахунок опромінення деталей, установкою вставок у зони тертя тощо. В процесі роботи і зношування активованої зони зменшується активність випромінювання, що реєструється спеціальною апаратурою.

Хід процесу зношування в часі має вигляд кривої щодо залежності зносу  $U$  від часу  $t$  (рис.4).

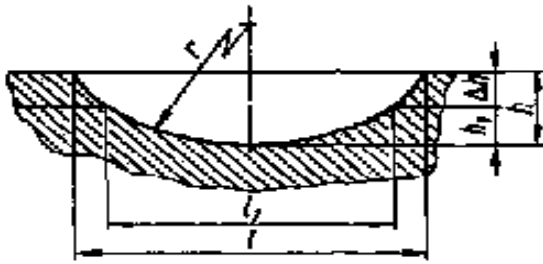
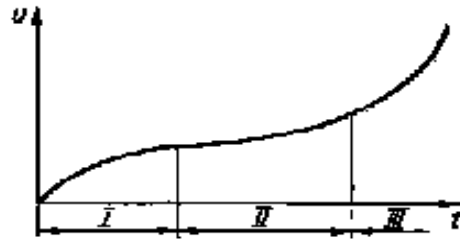


Рис.3. Схема визначення зносу методом вирізування лунок



I – стадія припрацювання;  
II – стадія нормальної роботи;  
III – стадія аварійного зношування

Рис.4. Залежність зносу від тривалості (об'єму робіт)

Зношування відбувається у три стадії (періоди). На I стадії здійснюється припрацювання контактуючих поверхонь деталей (графік наводить зміни зносу тільки однієї з поверхонь). Ця стадія характеризується нестабільністю параметрів тертя, початковою високою швидкістю зношування  $dU/dt$ , що обумовлено значними пластичними деформаціями нерівностей поверхневих шарів деталей, перебудовою технологічного мікрорельєфу поверхонь на експлуатаційний та зміною фізико-механічних властивостей.

Найтриваліша - II стадія; ця ділянка кривої відповідає періоду нормальної роботи з'єднання після припрацювання. При нормальній роботі спостерігається стабілізація параметрів тертя, швидкість зношування невелика і приблизно однакова і стала.

Знос деталей може призвести до погіршення умов тертя при роботі з'єднань, у результаті чого швидкість зношування різко зростає. Цей період процесу зношування відповідає кривій на стадії III.

Криві зміни зносу в часі залежно від умов роботи деталей (виду, з'єднання, фізико-механічних властивостей поверхонь тощо) можуть мати не всі три стадії вихідної (класичної) кривої, а дві або одну (рис.5).

Уявлення законів зношування в аналітичній формі - складне завдання і перебуває в процесі становлення.

Професором О. С. Проніковим сформульовано ті особливості, які повинні характеризувати закони зношування [9,10]. На його думку закони зношування повинні в аналітичній формі визначати залежність зносу від таких факторів:

силкових й кінематичних параметрів і, в першу чергу, від тиску на поверхню тертя і швидкості відносного ковзання (від факторів  $P$  і  $V$ );

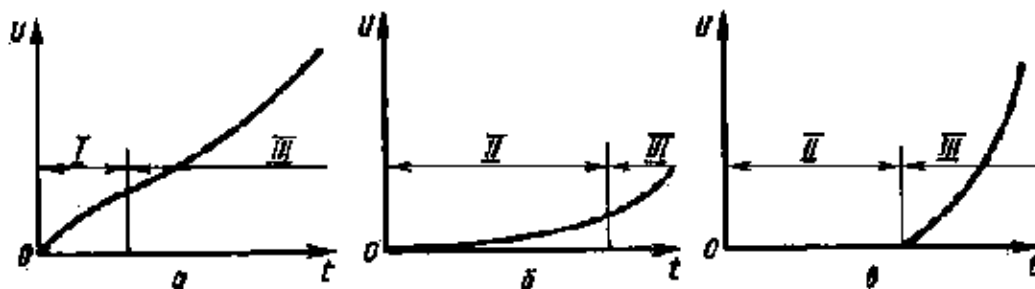
параметрів, які характеризують склад, структуру і механічні властивості матеріалів пари;

властивостей поверхневого шару;

видів тертя і мащення;

зовнішніх умов, які впливають на процес зношування,— температури, вібрації та ін.

Крім того, всі закономірності повинні описувати зміни зносу у часі.



а – відсутня стадія нормальної роботи; б,в – відсутня стадія припрацювання

**Рис.5. Схематичне зображення різних площ контакту**

Одна із загальних формул для розрахунку зносу при множинному контакті за методом І. В. Крагельського має вигляд:

$$I = K\alpha \sqrt{\frac{h}{R} \cdot \frac{P_a}{P_r} \cdot \frac{1}{n}}, \quad (6)$$

де  $K$  - множник, який визначається формою і розташуванням по висоті одиничних нерівностей на поверхнях; зазвичай  $K = 0,2$ ;

$\alpha$  - коефіцієнт перекриття, який визначається як відношення номінальної площі  $A_a$  контакту до фактичної  $A_r$ ;

$h$  - глибина заглиблення;

$R$  - радіус одиничної мікронерівності;

$P_a, P_r$  - відповідно тиск на номінальній  $A_a$  та фактичній  $A_r$ , площинах контакту;

$n$  - кількість циклів, що призводять до руйнування об'єму, який деформується.

Відношення  $h/R$  визначає вид фрикційного зв'язку, умови тертя.

Множник  $P_a/P_r$  пов'язаний з якістю поверхні, множник  $1/n$  характеризує опір втомленості та вводить у рівняння часовий зв'язок.

Залежно від теорії контактування, матеріалів, пари тертя, умов роботи з'єднання, необхідної точності розрахунків, розроблено методики та аналітичні вирази, за допомогою яких виконують інженерні розрахунки для багатьох видів зношування.

#### **Список використаних джерел**

1. Надійність обладнання харчової галузі. Навчальний посібник. Сухенко Ю.Г., Паламарчук І.П., Жеплінська М.М., Муштрук М.М., Журавель Д.П. – К. ЦП «КомпрІнт», 2019. – 370 с.

2. Журавель Д. П. Моделювання енергетичного балансу трибосистеми сільськогосподарської техніки в середовищі змащувальних матеріалів. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Запоріжжя, 2013. Вип. 1. С. 126-132.

3. Журавель Д.П., Новік О.Ю., Бондар А.М., Петренко К.Г. Триботехніка. Курс лекцій з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 280 с.

4. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Херсон, 2017. Вип. 5. С.56-65.

5. Журавель Д. П. Оцінка зносу трибоспрямижень в середовищі біопаливо-мастильних матеріалів. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2012. Вип. 12. т.2. С. 28-33.

6. Журавель Д. П., Юдовинський В.Б. Моделювання хімотологічних та триботехнічних процесів в спряженнях тертя. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь, 2007. Вип. 7, т. 3. С. 30-38.

7. Дидур В. А., Журавель Д.П. Надежность мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биологических топливо-смазочных материалов. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / НУБіП ; відп. ред. Д. О. Мельничук. К., 2016. № 251. С. 69-78.

8. Журавель Д. П. Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. Вісник Сумського національного аграрного університету / СНАУ. Суми, 2016. Вип. 10/3(31). С.66-71.

9. Журавель Д. П. Методологія забезпечення надійності мобільної техніки при використанні біологічних ТСМ. Енергозабезпечення технологічних процесів в агропромисловому комплексі України: матер. VI Міжнар. наук.-техн. конф. / ТДАТУ. Мелітополь, 2015. С. 8-10.

10. Журавель Д. П. Забезпечення надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник тез доповідей XVII міжнародної наукової конференції / СНАУ. Суми, 2016. С. 163-164.

УДК. 662.63

**ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА**

Мітков В.Б., к.т.н.,

Постол О.Г. магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми.** Україна щорічно споживає біля 200 млн. тон паливно-енергетичних ресурсів і відноситься до енергодефіцитних країн, бо покриває свої потреби в енергоспоживанні приблизно на 53% і імпортує 75% необхідного обсягу природного газу та 85% сирової нафти і нафтопродуктів.

Споживання автотранспортного палива постійно буде рости через те, що використання автотранспорту для перевезення вантажів більше ефективний напрямком. Отже для цього потрібна додаткова кількість, в основному, нафтового палива. Тому транспортний сектор будь-якої країни буде залежати від нафти. Однак запаси невідновлюваного енергоносія обмежені. Тут ще і додається екологічний фактор, пов'язаний з забрудненням навколишнього середовища. [1].

Основна причина забруднення повітря транспортними засобами пов'язана з неповним згорянням нафтового палива. Усього 15% його витрачається на рух автомобіля, а 85% «летить на вітер». До того ж камери згоряння двигунів - це своєрідний хімічний реактор, що синтезує отруйні речовини й викидає їх в атмосферу. Навіть безневинний азот з атмосфери, потрапляючи в камеру згоряння, перетворюється в отруйні окисли азоту. [2]

**Аналіз останніх досліджень.** Для збільшення в Україні власного виробництва моторних палив доцільно організувати адекватну заміну традиційного моторного палива на моторні суміші з різними видами паливних домішок, одною з яких є етанол, що може використовуватись як домішка до світлих нафтопродуктів.

У наступний час найпоширенішим видом альтернативних палив для бензинового двигуна є: етанол і метанол - це відповідно суміш етилового, метилового спирту з бензином, а для дизельного – масло рослинного походження [1].

В даний час перше місце в світі по споживанню на транспорті серед альтернативних палив займають зріджені нафтові гази (зріджені вуглеводні гази або пропан – бутанові суміші), одержувані при переробці нафтового (попутного) газу.

Найбільш простим і недорогим шляхом застосування природного газу на транспорті є його використання в стиснутому і зрідженому видах.



За планами Євросоюзу до 2020 р. в Європі повинні експлуатуватися 54 млн. автомобілів, що працюють на природному газі, водні та біогазі. При цьому сумарний обсяг споживання природного газу автомобільним транспортом може скласти близько 47 млрд.

У цей час частка біологічного палива в порівнянні з нафтовим становить: США - 4-5%, Бразилія - 15%, Китай - 2,5%, країни ЄС до 3-4%. Не треба бути наївними - ми ніколи не замінимо нафту. Максимальна частка біопалива в майбутньому - 25...30% [3]

Останнім часом в якості одного з найбільш перспективних альтернативних палив для дизелів розглядається диметилловий ефір (ДМЕ) [1]. Перевагами даного виду альтернативного палива є висока цетанове число, сумірна з цетановим числом штатних дизельних палив, і хороші екологічні якості двигунів, що працюють на ДМЕ. Повсюдне застосування ДМЕ стане рентабельним, коли ціна дизельного палива досягне 300\$/т, а ціна вихідної сировини для виробництва ДМЕ (природного газу) залишиться на сьогоднішньому рівні.

Найбільш вірогідним сировиною для виробництва моторних палив для транспорту в найближчій перспективі є вугілля. У світових запасах викопних енергоресурсів на кам'яне вугілля припадає 80...85% сумарного енергомісткості. При сучасному рівні видобутку вугілля цих запасів вистачить на 200...250 років [3].

**Метою роботи** є обґрунтування доцільності та ефективності використання альтернативних палив та розробити порівняльний аналіз існуючих видів палив .

**Основні матеріали.** Розглянуті вище альтернативні палива зазвичай мають фізико-хімічні властивості, відмінні від властивостей дизельного палива (табл.1). Тому при їх використанні виникають проблеми адаптації цих палив до транспортування, зберігання і заправці на існуючих автомобільних заправних станціях (АЗС), використанню в дизельних двигунах.

Використання дизельного палива має і ряд недоліків, основними з яких є обмеженість нафтових ресурсів та їх непоновлюваність. Крім того, при згоранні дизельного палива не завжди забезпечуються вимоги до токсичності ВГ. Викид вуглекислого газу, що утворюється в камері згорання дизеля, сприяє виникненню парникового ефекту, а саме виробництво дизельного палива є неекологічним процесом (табл. 2).

Україна має більші можливості переведення автотранспорту на альтернативні види палива (на спиртовій і газовій основі), тому що для вирішення цього питання вона має високий енергетичний потенціал (сировину). Це різні види рослинного походження, а також виявлені 307 родовищ нафти й газу [2].

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості дизельного і альтернативних палив [4]

Показник	Палива						
	ДП	КПГ (метан)	ЗНГ (пропана)	Метанол	ДМЕ	РО	МЕРО
Формула складу	C <sub>16,2</sub> H <sub>28,5</sub> *	CH <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> OH	CH <sub>3</sub> OC H <sub>3</sub>	-	C <sub>19,6</sub> H <sub>36,6</sub> O <sub>2</sub> *
Щільність при 20°C, ρ <sub>20</sub> [кг/м <sup>3</sup> ]	830	416**	490**	795	668**	916	877
В'язкість кінематична при 20°C, ν <sub>20</sub> [мм <sup>2</sup> /с]	3,8	-	0,17***	0,55	0,22**	75	8
Коефіцієнт поверхне- вого натягу σ при 20°C, мН/м	27,1	33,2**	-	-	12,5	33,2	30,7
Теплота згоряння ни- жча, Н <sub>и</sub> [МДж/кг]	42,5	50,3	46,5	20,1	28,9	37,3	37,8
Цетанове число	45	3	16	3	55-60	36	48
Температура самозай- мання, °C	250	540	487	464	235	318	230
Температура помут- ніння, °C	-25	-	-	-	-	-9	-13
Температура засти- гання, °C	-35	-	-	-97,9	-	-20	-21
Температура кипіння, °C	180...3 60	-161,5	-42	64,5	-25	-	348...4 34
Теплота випарову- вання за температури кипіння, кДж/кг	250	511	427	1115	467	-	-
Тиск начиченних парів при 0,1 МПа та 20 °C, МПа	-	21,4	0,84	0,013	0,51	-	-
Кількість повітря не- обхідне для згоряння 1 кг речовини, кг	14,3	17,2	15,7	6,4	9,0	12,5	12,6
Вміст, % за масою: С Н О	87,0 12,6 0,4	76,0 24,0 0	81,2 18,2 0	37,5 12,5 50,0	52,2 13,0 34,8	77,0 12,0 11,0	77,5 12,0 10,5
Загальний вміст сірки, % за масою	0,20	-	0,015	-	-	0,002	0,002
Коксованість 10%- ного залишку, % за масою	0,2	-	-	-	-	0,4	0,3

**Примітка:** «-» - властивості не визначалися; \* - умовна формула складу; \*\* - для рідкої фази; ДТ - дизельне паливо; КПГ - компримированні природний газ; ЗНГ - зріджений нафтовий газ; ДМЕ - диметилловий ефір; РО - ріпакова олія; МЕРО - метиловий ефір ріпакової олії.

Таблиця 2

## Порівняльні характеристики дизельного і альтернативних палив

Показник	Палива						
	ДП	КПГ	ЗНГ	ДМЕ	Метанол	РО	МЕ-РО
Поновлюванність ресурсів	-	-	-	-	-	+	+
Екологічність при виробництві	-	+	+	-	-	+	+/-
Екологічність при згорянні	+/-	+	+	+	+	+	+
Адаптованність до транспортування та зберігання	+	-	-	-	+	+	+
Адаптованність АЗС	+	-	-	-	+	+	+
Адаптованність дизеля	+	-	-	-	-	+/-	+
Парниковий ефект	-	-	-	-	-	+	+

Примітка: «+» - перевага; «-» - недолік; «+ / -» - поєднання переваг і недоліків; ДП - дизельне паливо; КПГ - компримированні природний газ; ЗНГ - зріджений нафтовий газ; ДМЕ - диметилловий ефір; РО - рапсове масло; МЕРО - метиловий ефір рапсового масла.

**Висновки.** Отже, при умові проведення сприятливої урядової економічної політики, Україна може стати одним із значних виробників паливних оксигенатів. Використання альтернативних видів палива забезпечить розв'язання проблеми залежності від потреб нафтових палив та природного газу. Аналіз фізико – хімічних властивостей дизельного та альтернативних палив показав, що для роботи трактора можна використовувати шість альтернативних палив з властивостями близькими до ДП.

**Список використаних джерел**

1 Мітков Б.В., Мітков В.Б., Шульга О.В. Альтернативні палива для транспортних засобів. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2011. Вип. 1, Т. 3. С.137-145.

2 Мітков Б.В., Мітков В.Б., Бойко О.В. Використання альтернативних палив для ДВЗ – важливий шлях до зниження забруднення навколишнього середовища. Вісник Придніпровської академії будівництва та архітектури. Дніпропетровськ, 2012 . Вип. 6. С. 213-216.

3 Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. Растительные масла и топлива их основа для дизельных двигателей. Харьков: Новое слово, 2007. 452 с.

4 Лютко В.Н., Хачиян А.С. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. 311с.

УДК 532.528:621.43

## ФРЕТИНГ І ФРЕТИНГ-ВТОМА КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ І ДЕТАЛЕЙ

Лакосіна А.О., студентка,

Журавель Д.П., д.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

**Постановка проблеми.** Проблема фретинг-втоми виникає в мало-рухомих з'єднаннях трибоспряжень. Інтенсивність зношування зростає при роботі деталей в агресивних середовищах. В даному випадку ушкодження сполучених поверхонь відбувається внаслідок зношування в умовах фретинг-корозії. На поверхнях контактуючих деталей захисні оксидні плівки руйнуються, оголюється чистий метал. Відбувається відділення частинок металу (як при фретингу), які потім окислюються.

Тому продуктами зношування при фретинг-корозії, як правило, є оксиди. Оксиди спричиняють абразивну дію, яка залежить від твердості оксидів і розмірів їх часток в продуктах зношування.

**Основні матеріали дослідження.** Найрізноманітніші машини, механізми в своєму складі мають нерухомі сполучення. Такі сполучення є в конструкціях залізничного складу, автомобілів, авіаційної техніки, вузлах і деталях різних верстатів, будівельних машин та інших областей техніки. Незважаючи на те, що відносно переміщення деталей нерухомих сполучень в процесі експлуатації не передбачається, воно може виникати під впливом вібрацій, періодичного вигину або скручування сполучених деталей.

Результатом цього є руйнування контактуючих поверхонь. Мала величина амплітуди переміщення створює унікальні, у порівнянні з іншими видами зношування, умови тертя і називається фретинг-корозією. Як наслідок змінюється шорсткість поверхні, утворюються поверхневі мікротріщини.

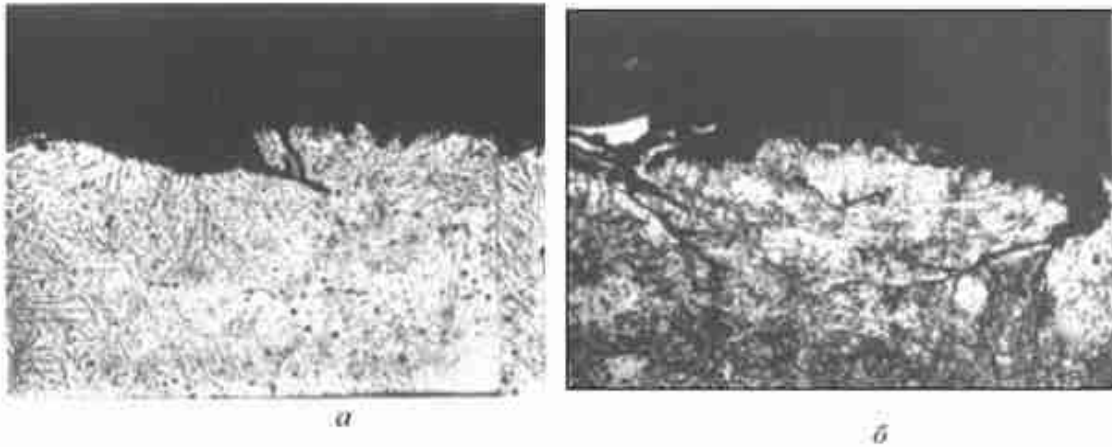
Фретинг-корозія - корозійне руйнування на межі поділу двох тіл, що контактують один з одним. Найчастіше ковзання має коливальний характер, а об'єкти відчувають додаткове досить велике навантаження.

Найважливішими параметрами, що визначають інтенсивність процесу фретинг-корозії є [1-3]:

- амплітуда відносних переміщень,  $A_p$ ;
- величина тиску в зоні контакту,  $P$ ;
- частота коливань при відносних переміщеннях,  $n$ ;
- число циклів навантаження  $N$ ;
- природа матеріалів;

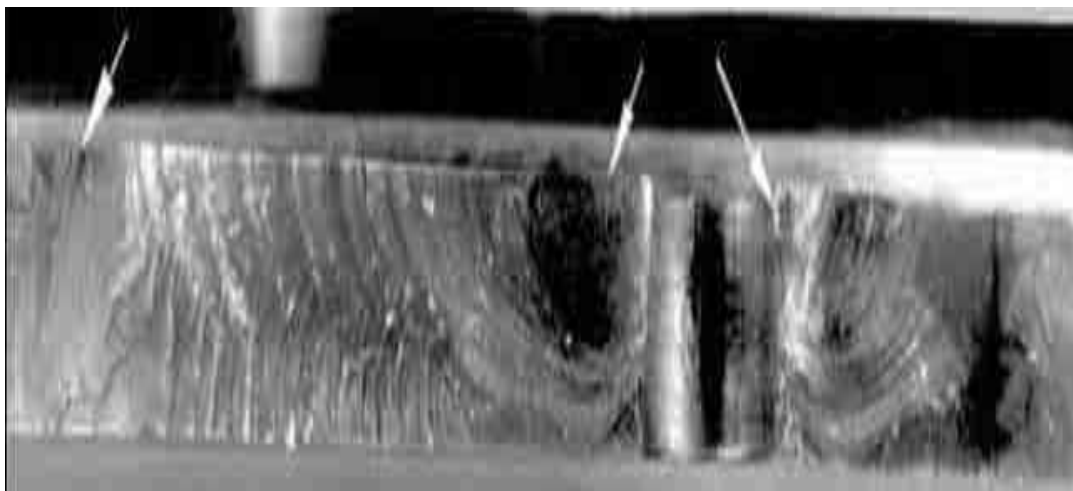
- навколишнє середовище.

На рис.1 показано приклади характерних ознак утворення втомних тріщин і пошкоджень.



**Рис. 1. Приклади утворення втомних тріщин і пошкоджень**

З ростом амплітуди напруг довговічність деталі при випробуваннях на фретинг- втому може збільшуватися, а крива втоми при цьому приймає С-подібний вигляд, тобто залежність числа циклів навантаження і ступінь зниження межі витривалості не виражається монотонною функцією. Для процесу фретингу типове чергування максимумів і мінімумів пошкодження матеріалу [4-6]. Фретинг-корозія спостерігається при контакті металів і при контакті металів з неметалами. Найбільш важкі наслідки цього процесу - фретинг-втома, тобто втомні руйнування деталей, пошкоджених фретинг-корозією. Межа витривалості, з'єднання при цьому може знижуватися в 1,5 ... 5 разів.



**Рис. 2. Вогнища зародження втомних тріщин в зоні контакту болтових з'єднань [3]**

Під впливом навколишнього корозійного середовища на поверхні металу утворюється оксидна плівка (продукти корозії). При терті ця



плівка механічно руйнується. Надалі матеріали стираються швидше, а фреттинг-корозія протікає інтенсивніше.

В таблиці 1 наведено результати випробування сплаву АК4-1 на фреттинг-корозію і на втому зразків, пошкоджених фреттинг-корозією [3]. Режими випробувань на фреттинг-корозію при  $A_p = 5$  мкм,  $P = var$

Таблиця 1

**Результати випробування сплаву АК4-1 на фреттинг-корозію і на втому зразків, пошкоджених фреттинг-корозією**

Режими випробувань на фреттинг-корозію при $A_p = 5$ мкм, $P = var$		Режими випробувань на втому пошкоджених фреттинг-корозією зразків	
Нормальний тиск $P$ , МПа	Амплітуда напружень $\sigma_v$ , МПа	Амплітуда напружень $\sigma_v$ , МПа	Число циклів до руйнування $N_{P \cdot 10^{-6}}$ , ц
5	0,135	130	40
5	1,53	130	12,4
5	5,85	130	100 не зруйнувалася
50	0,27	105	100 не зруйнувалася
50	2,7	105	1,12

**Висновки.** Для підвищення довговічності нерухомих з'єднань можуть використовуватися різні конструктивно-технологічні методи і методи, що пригнічують фізико-хімічні процеси, що протікають при фреттинг-корозії. Таким чином, щоб захистити вироби від фреттинг-корозії, необхідно:

1. Правильний підбір матеріалів. Доцільно для запобігання виникнення фреттинг-корозії поєднувати м'які метали з твердими. Доведено, що при ковзанні сталевий поверхні по сталевій, руйнування набагато більше, ніж при ковзанні сталі по сталі покритої свинцем. Для контакту зі сталевий поверхнею рекомендовано використовувати сталь, яка покрита оловом, індієм, кадмієм, свинцем, сріблом.

2. Застосування змащувальних середовищ для запобігання фреттинг-корозії. Поверхню попередньо піддають фосфатуванню. Обробляють мастилом низької в'язкості, яка проникає глибоко в пори і завдяки цьому досить довго залишається на виробі. Недоліком цього методу можна вважати те, що це все-таки тимчасовий захист, змащувальний матеріал рано чи пізно видаляється в результаті ковзання.

3. Проектування контактуючих поверхонь з усуненням ковзання ефективно, але досягти цього досить важко.

4. Застосування спеціальних покриттів для запобігання контакту поверхні розділу з повітрям.

5. Застосування матеріалів з низьким коефіцієнтом тертя і прокладок. Такі матеріали використовують тільки при малих навантаженнях в зв'язку з їх невеликою міцністю. Гума, наприклад, амортизує коливання і запобігає ковзанню.

6. Застосування кобальтових сплавів дає позитивний ефект тільки в присутності води.

#### ***Список використаних джерел***

1. Сухенко Ю. Г., Паламарчук І. П., Жеплінська М. М., Муштрук М.М., Журавель Д.П. Надійність обладнання харчової галузі. Навчальний посібник. К. ЦП «КомпрІнт», 2019. 370 с.

2. Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. М.: "Высшая школа", 1991. 320 с.

3. Петухов А. Н. Соппротивление усталости деталей ГТД. М.: Машиностроение, 1993. 240 с.

4. Журавель Д. П. Триботехніка. Курс лекцій з навчальної дисципліни. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 280 с.

5. Журавель Д. П. Триботехніка. Посібник до лабораторно-практичних робіт. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 136 с.

6. Журавель Д. П. Триботехніка. Методичні вказівки до самостійної роботи. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 116 с.

УДК 631

**РЕМОНТ ОБЛАДНАННЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ В МЕЛІ-ТОПОЛЬСЬКОМУ РАЙОНІ**

Паніна В.В., к.т.н.,

Атаманова Ф.І., магістрантка

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

**Постановка проблеми.** Умови великої концентрації тварин висувають вимоги до показників надійності, безвідмовності машин і устаткування тваринницьких ферм і комплексів. Втрата працездатності машин приводить до додаткових витрат на їхнє відновлення, а також до збитків від зниження продуктивності тварин.

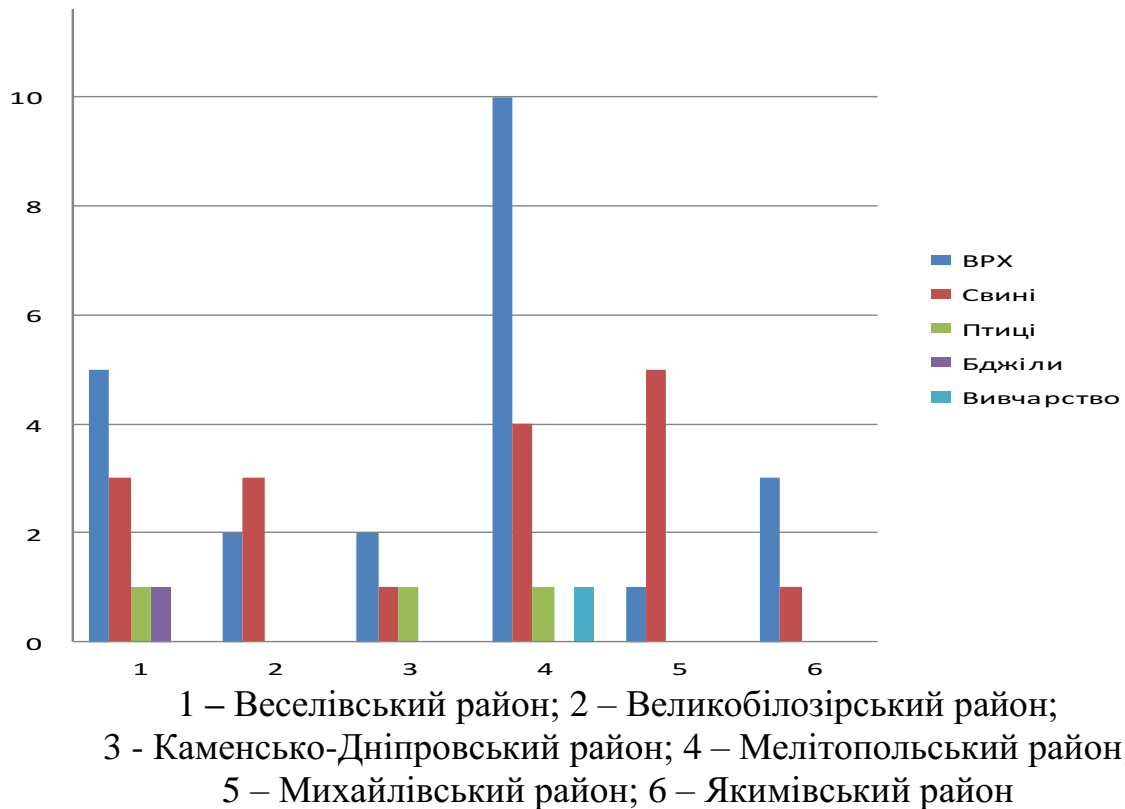
Практика показує, що порушення режиму годівлі й поїння веде до зниження продуктивності дійних корів на 15%, порушення повітрообміну приводить до захворювань молодняку тварин і птаха на 20...25%, а приріст ваги знижується на 10...14% [1].

Умови експлуатації машин і устаткування більш напружений порівняно з промисловими підприємствами. Велика кількість техніки простоює через несправності або списується, не побувавши в ремонті, через 2...4 роки після їхньої установки, що підвищує собівартість й порушення ритмічності виробництва продукції тваринництва.

**Основні матеріали дослідження.** У цей час мережа підприємств із ремонту й технічного обслуговування машин і устаткування тваринницьких ферм на Україні розвинена недостатньо. Однією з основних причин є організаційно-технічна невідповідність існуючої бази вимогам по підтримці в працездатному стані парку тваринницьких машин і устаткування, відсутність рекомендацій з розрахунків раціональної бази з ремонту й технічного обслуговування, її потужності, розміщення й структури для конкретних зон країни.

Загально відомо, що підвищення ефективності тваринництва повинно базуватися на використанні гнучких механізованих і автоматизованих технологій та відповідних технічних засобів, які можуть забезпечити підвищення використання генетичного потенціалу тварин за рахунок інженерно-технічних факторів.

За даними господарств Запорізької області тваринницького напрямку була побудована гістограма рис. 1.



**Рис. 1. Гистограма розподілу виробництва по шести районах**

З гістограми бачимо, що 23 господарства займаються розведенням, відкормом або молочним напрямом ВРХ, 17 господарств – свинарством, 3 – птицями та лише 1 господарство бджільництвом і 1 – вівчарством. Аналіз показує, що найбільш займаються в тваринництві великою рогатою худобою та свинарством, і на першому місці Мелітопольський район, а зараз до району входить ще Якимівський та частина Михайлівського районів.

Станом на 01.01.2020 реалізація тварин на м'ясо сільгосп підприємствами склала 1210 тонн, виробництво молока — 2125 тонн. Погोलів'я великої рогатої худоби складає 2075 голів, корів — 755, свиней — 4577, овець — 1475, птиці — 95120 голів.

Розвиток технічного сервісу гарантовано забезпечує прибуток продукту за рахунок максимального використання генетичного потенціалу сільськогосподарських тварин.

Таким чином, технічний сервіс – це система впровадження сучасних і прогресивних технічних розв'язків і забезпечення їх ефективної, безперебійної роботи в плинні всього періоду експлуатації.

Технічний сервіс повинен допомогти виробникам молока забезпечити одержання більш високої якості молока за рахунок:

- організації регулярного проведення сервісного обслуговування, що вимагають спеціального устаткування й високої кваліфікації фахівців, а операції щоденного й періодичного обслуговування виконуються фахівцями господарств;

- створення виробничих потужностей для ремонту устаткування тваринницьких ферм і комплексів.

Для підтримки високої працездатності й попередження відмов технологічного устаткування, з метою створення оптимальних умов і обслуговування тварин відповідно до їхніх фізіологічних потреб, необхідне проведення щоденного й періодичного технічного обслуговування. Відновлювати регулювання й посадки (зазори, натяги) у сполученнях, вузлах і агрегатах. Замінити деталі й вузли новими або відремонтованими, для чого на фермах необхідно мати відповідне укомплектовану ремонтно-обслуговуючу базу.

Аналіз відмов і зносів устаткування тваринницьких ферм і комплексів дозволяє зробити висновки про наявність істотної частки корозійного зношування технологічного устаткування, який варіюється в межах від 65% у скотарстві до 80% у свинарстві [2].

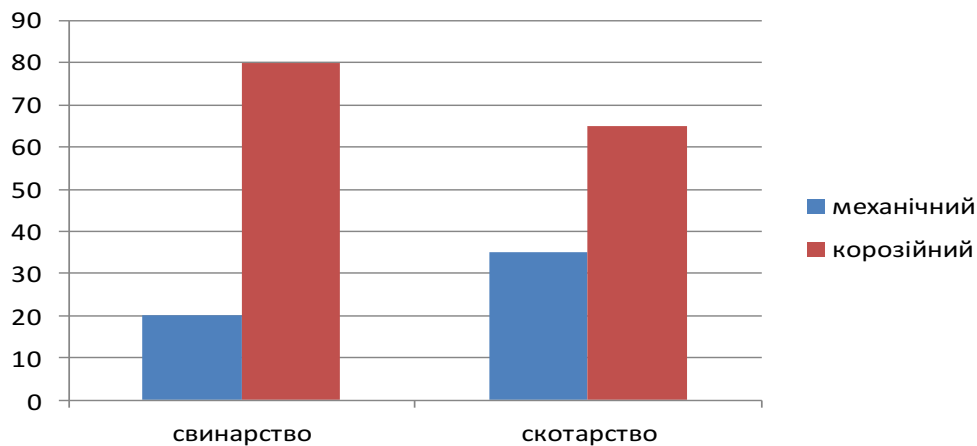


Рис. 2. Відсоток характеру зносів тваринницького обладнання

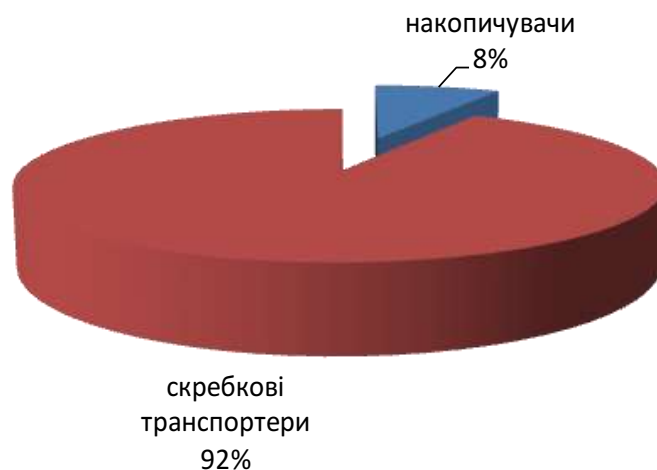


Рис. 3. Співвідношення відмов за елементами системи гноєвидалення

В основному в системі гноєвидалення виходять із ладу підшипники, зірочки, скребки, ланцюги, редуктора, електродвигуни. Ці вузли



й деталі відновлюються в основному силами підприємств шляхом відновлення або заміни [2].

Перед ремонтом ланцюги скребкових гноєзбиральних транспортерів очищують від корозії й бруду. Планки ланцюга відновлюють за допомогою пластичного деформування на спеціальних стендах. Пластини нагрівають до 900...1000°C, кладуть на матрицю штампа й тиском пуансона відновлюють початкові розміри. При зниженні температури нагрівання пластини до 750...800°C їх загортовують, а потім відпускають при температурі 390°C. Велика скоба в процесі роботи деформується, у неї спрацьовуються пята й отвори під болти. Скобу рихтують на пресі за шаблоном. На п'яту приварюють сталеву пластину товщиною 3 м, а спрацьовані отвори в скобі заварюють і розсвердлюють під номінальний розмір. Тріщини або виломи у корпусі редукторів конвеєрів відновлюють газовим зварюванням, приварюють відламані частини. Вигин у тросових конвеєрах усувають за допомогою гідравлічних і гвинтових пресів. При великому прогині нагрівають газовим пальником до температури 800...850°C. Тріщини в рамах заварюють електрозварюванням або методом фігурних вставок. При спрацюванні тягової стрічки у ковшових елеваторах замінюють новою більшість складальних одиниць транспортерів складається з типових деталей: валів, осей, шестерень, зірочок, втулок, підшипників, технологія ремонту яких є типовою.

Використання сітьового моделювання при аналізі дає можливість сконцентрувати дії виконавця на найбільш важливих моментах технологічного процесу. Оптимізація сітьової моделі виробничих процесів ремонту обладнання гноєвидалення [3-7] дає змогу скоротити час перебування обладнання в ремонті.

Технологічний процес ремонту ланцюга гноєзбирального транспортера ТСН-3,0Б:

- доставка;
- розбирання;
- очищення;
- дефектація й комплектування;
- правка планок;
- відновлення отворів планок пластичною деформацією;
- виготовлення осей;
- обрізування болтів великої й малої скоби;
- розсвердлення отворів у скобі й вигинання накладок;
- приварювання накладок до скоби;
- складання скребка на пластини;
- складання великої скоби з скребком;
- загальне складання ланцюга конвеєра;
- фарбування.

**Висновок.**

1. Аналіз тваринництва в Запорізькій області показує, що найбільш займаються великою рогатою худобою та свинарством, і на першому місці Мелітопольський район,

2. Трудомісткість робіт всього технологічного процесу ремонту гноєзбирального транспортера ТСН-3,0Б складає 54 люд.год. та займає 22,35 год. Будування сітьового графіку дозволить організувати виробничі процеси, контролювати хід їх виконання, виявляти недоліки і сучасно їх ліквідувати, перерозподіляючи матеріальні і трудові ресурси підприємства.

**Список використаних джерел**

1. Уминський С.М., Чугуй, С.В. Технічний сервіс в АПК: навч. посіб. Одеса. ТЕС, 2013. 196 с.

2. Лаба В.П. 14 МБАІ. Оптимізація технологічного процесу ремонту гноєзбирального транспортеру ТСН-3,0Б. Матеріали VII Всеукраїнської науково-технічної конференції магістрантів і студентів за підсумками наукових досліджень 2019 року С.11.

3. Паніна В.В. Оптимизация сетевой модели производственного процесса ремонта культиватора КПС-4. Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 24–25 октября 2019 года). Минск, БГАТУ, 2019. ISBN 978-985-25-0007-4 (ч. 2). С. 88-90.

4. Полетаев С.В. Оптимізація технологічного процесу ремонту універсального кормороздавача КУТ-3,0А. Матеріали VII Всеукраїнської науково-технічної конференції магістрантів і студентів за підсумками наукових досліджень 2019 року С.14.

5. Самборський В.Р. Оптимізація технологічного процесу ремонту універсального кормороздавача КТУ-10А. Матеріали VII Всеукраїнської науково-технічної конференції магістрантів і студентів за підсумками наукових досліджень 2019 року С.15.

6. Паніна В.В., Полетаев С.В. Сітьова модель технологічного процесу ремонту універсального кормороздавача КУТ-3,0А. Матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет конференції 01-24 квітня 2020 р. Мелітополь, 2020. С. 396-398.

7. Паніна В.В., Самборський В.Р. Оптимізація сітьової моделі виробничих процесів ремонту універсального кормороздавача КТУ-10А. Матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернетконференції 01-24 квітня

УДК 621.436

## АНАЛІЗ ВЕНТИЛЯТОРІВ ДЛЯ СИСТЕМИ РІДИННОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ТУРБОДИЗЕЛЯ

Болтянський О.В., к.т.н.,

Шершенівська А.А., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

До двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), які встановлюють на сучасну техніку, висувають жорсткі вимоги щодо потужності, економічності та екологічності. Для забезпечення високої ефективності їхнього використання застосовують форсування двигуна методом газотурбінного наддуву, що в останні десятиріччя набуло широкого розвитку та впровадження [1,2].

Здебільшого у системах застосовують одноступінчастий наддув, тобто компресор, засмоктуючи повітря через повітряний фільтр, стискає його та подає під тиском у впускний колектор двигуна. Принцип роботи турбокомпресора: чим більше повітря подаватиметься в циліндри, тим більше спалюватиметься палива. Потужність, яку розвиває двигун, залежить від кількості повітря і змішаного з ним палива, яке може бути подано в двигун. Якщо потрібно збільшити потужність двигуна, слід збільшити кількість повітря і палива, що подаються. Однак подачею великої кількості палива бажаного ефекту не досягти, якщо не забезпечити достатню для його згорання кількість повітря. В цьому разі утворюється надлишок неспрацьованого палива, що призводить до перегрівання двигуна, який до того ж сильно димить.

Термодинамічно можливо підвищити економічність дизелів корисним використанням залишкового розширення газів, що виходять з поршневої групи двигуна. Роботу, що залишилася після розширення газів в турбіні турбокомпресора доцільно реалізувати в силовій турбіні, пов'язаній гідромеханічною передачею з вихідним валом двигуна, тобто застосувати так звану систему турбокомпаунду [3].

Принцип роботи турбокомпаунда полягає в тім, що відпрацьовані гази спочатку приводять у дію одну турбіну, а на виході з неї – другу, а потім уже виводяться через вихідну трубу. Друга турбіна не приводить у дію компресор, а допомагає обертати колінчастий вал двигуна через гідромуфту й шестеренний редуктор. Існують різні схеми встановлення силових турбін на турбодизелях. Практичне поширення набула схема, в якій силова турбіна послідовно включена по ходу газів після турбіни турбокомпресора. Така система забезпечує підвищення к.к.д. силовій установки на режимах середньої і повної потужності до 5–6%. Тому турбокомпаундні турбодизелі з охолодженням наддувного повітря

(ОНП) вигідно використовувати на великовантажних машинах, тракторах, комбайнах [4,5].

В даний час турбокомпаундні турбодизелі з ОНП випускаються шведською фірмою Scania. Розробкою турбокомпаундних дизелів для вантажних автомобілів займаються американські фірми Cummins, Caterpillar. Турбокомпаунд має гарні перспективи, оскільки енергія відпрацьованих газів знову приносить користь. А друга турбіна додатково знижує температуру відпрацьованих газів приблизно на 100°C. Основним недоліком турбокомпаундних силових установок є висока складність і вартість спеціальної гідромеханічної передачі.

Тому практичний інтерес викликає використання силової турбіни для приводу такого енергоємного агрегату, як вентилятор системи рідинного охолодження турбодизеля великовантажного транспортного засобу. Можливість такого рішення підтверджується тим, що у турбодизелів з ОНП на привід вентилятора системи рідинного охолодження відбирається близько 7% ефективної потужності двигуна на номінальному режимі. При домінуючій тенденції збільшення літрової потужності поршневих ДВЗ зростання ефективної потужності енергетичних установок супроводжується зростанням теплових потоків, що йдуть, зокрема, в систему охолодження. Для підтримки теплового режиму двигунів і відведення збільшених теплових потоків потрібно збільшення витрати охолоджуючого повітря, тобто велика продуктивність вентиляторів систем охолодження ДВЗ.

У сучасних автотранспортних засобів висока щільність компонування радіаторів системи охолодження. Разом з тим, опір повітряної мережі складається з гідравлічного опору блоку теплообмінників і опору повітряного тракту. Опір повітряного тракту, в свою чергу, визначається втратами на тертя і місцевими втратами, що включають втрати при вході в повітряну мережу системи охолодження, втрати при поворотах повітряного потоку, втрати при раптових звуженнях і розширеннях, втрати на виході повітря з-під капота. При цьому гідравлічний опір повітряної мережі навіть в схемах без капсулювання двигуна вище опору радіатора майже в 2 рази.

Додаткове обладнання та пристрої, розміщені в підкапотному просторі, шумова ізоляція моторного відсіку істотно збільшують опір повітряної мережі, сумарна величина якого в ряді випадків перевищує 1кПа. Таким чином, вентилятори системи рідинного охолодження сучасних турбодизелів великовантажних транспортних засобів повинні поєднувати високі продуктивність і напір.

Системи рідинного охолодження двигунів великовантажних транспортних засобів в переважній більшості виконані за відпрацьованою традиційною схемою: вентилятор розташовується за блоком теплообмінних апаратів, працюючи на всмоктування, і приводиться від колінчастого валу двигуна.

Вентилятор системи рідинного охолодження сучасного турбодизеля являє собою досить енергоємний агрегат. Щоб відбір потужності з колінчастого валу на привід вентилятора був технічно виправданим, необхідні продуктивність і напір повинні поєднуватися з високою ефективністю вентилятора – отримання такого варіанту обумовлює економію споживаного двигуном палива, за рахунок зниження механічних втрат на привід допоміжних агрегатів.

При значних витратах охолоджуючого повітря відцентрові вентилятори стають неприйнятнішими за габаритами для компонування на транспортному засобі. Найбільш сприятливим для обтікання двигуна і течії в підкапотному просторі виявляється діагональний напрямок потоку повітря на виході з вентилятора, що є проміжним варіантом між осьовим напрямком і радіальним. Діагональні вентилятори за своїми параметрами краще осьових. Використання діагонального вентилятора, що має в порівнянні з осьовим в 1,2 рази більшу ефективність, сприяє зменшенню механічних втрат і економії палива двигуном. Оптимальна схема турбовентилятора – осьова активна турбіна, яка приводить в дію діагональний вентилятор через проміжний редуктор.

#### **Список використаних джерел**

1. Андреевков А.А., Дементьев А.А. Вентилятор диагонального типа для системы охлаждения автомобильных турбодизелей. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 4. С. 9-13;
2. Болтянский О.В., Болтянская Н.И. Анализ основных тенденций развития мировой та вітчизняної сільськогосподарської техніки для розлинництва. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2011. Вип.166, ч.1. С. 255–261.
3. Boltyansky V., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.
4. Болтянский О.В., Болтянская Н.И. Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник НУБіП. Серія Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип.212, ч.1. С. 275–283.
5. Болтянский О.В. Використання нанотехнологій при безрозбірному сервісі автотракторної техніки. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.2. С. 97–102.
6. Boltyansky O.V. The development of the pig industry and the competitiveness of its products. MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, 2012. Vol. 14. No3b. 164-175.



УДК 629.488

**ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ РУЛЬОВИХ РЕЙОК**

Журавель Д.П., д.т.н.

Бондар А.М., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Ремонт рульових рейок, сучасних транспортних засобів є основним напрямком діяльності спеціалізованих підприємств. Тривалий час дослідники вивчали різні способи ремонту, вибравши найбільш ефективні [1,2]. Узагальнюючи свій досвід, відзначимо, що найбільшу складність для ремонту гідропідсилувача викликає корозія вала, який є основою рульового механізму. На сьогоднішній день існує 2 основних способи усунення даної проблеми: перший спосіб широко використовується і в теперішній час. Для очищення поверхні вала від іржі на токарному верстаті знімається верхній шар. Після даної операції ми маємо чистий вал, без слідів корозії, проте тут же стикаємося з двома іншими серйозними проблемами [3-5]:

1. Так як діаметр вала змінений, то штатний ремонтний комплект, розрахований на заводський розмір, тепер не підходить. Винахідливість фірм у цьому питанні не знає меж. Деякі виточують кільця, встановлюючи гумові ущільнювачі всередині і зовні, деякі замовляють виготовлення пластикових безкорпусних манжет, абсолютно не придатних для використання в агрегатах рульового управління. У будь-якому випадку мова йде про зміну конструкції рейки, що дуже небезпечно.

2. Поверхня валу рульового механізму має азотований шар (так званий зміцнюючий шар) близько 0,5 мм, що визначає його міцність і пружні характеристики. Отже, видалення цього шару веде до погіршення даних показників і призводить до швидкого зносу і повторної, в більшості випадків не ремонтпригодної поломки рульового механізму.

Дана технологія є морально і технічно застарілою, але, незважаючи на це, до сих пір застосовується на багатьох сервісних підприємствах. Сучасні компанії знаходять нові технології відновлення зношених валів рульового механізму. Наприклад, компанія «Reikanen» знайшла спосіб уникнути проблем, з якими стикаються фахівці, які використовують «застарілу технологію». Спеціалісти «Reikanen» усувають корозію методом напилення з наступним шліфуванням вала рульової рейки в номінальний розмір. Після такої процедури ми маємо абсолютно чистий вал заводського розміру, без порушеного шару азотації і можемо використовувати ущільнення, направляючі, підшипники та інші комплектуючі, призначені для даного агрегату.

Дана технологія ремонту має на увазі наявність на складі не менше 2500 найменувань гідравлічних ущільнень і близько 1000 найменувань інших комплектуючих. Її застосування в сукупності з використанням спеціального професійного обладнання для запресовування і розпресовування рульових рейок істотно підвищує якість та продуктивність ремонту і продовжує термін служби агрегату.

Матеріалами для напилення можуть бути порошки та дроти різного діаметру. За допомогою цього методу можливо відновлювати поверхні від десятих частин мікронів до декількох міліметрів. Особливості такої технології наступні: можливість нанесення на поверхню різноманітних матеріалів; відсутність перемішування матеріалу основи та матеріалі покриття; незначний рівень нагріву основної деталі; можливість нанесення декількох шарів матеріалу, кожен з яких несе свою функцію; легкість забезпечення захисту робітників, які виконують напилення (за допомогою повітряних фільтрів). Також велике розповсюдження мають і гальванічні методи відновлення валів. Такі способи дають можливість отримання поверхні валу з будь-якими технічними характеристиками. Більш ніж 85% деталей мають незначні зноси – до 0,3 мм і при цьому їх вибраковують. Саме тому, такі деталі варто відновлювати гальванічними покриттями, які мають ряд переваг: відсутність термічного впливу на деталь, яке може викликати в ній структурні зміни і механічні властивості; отримання покриттів з високою точністю товщини – що дозволяє зменшити до мінімуму механічну обробку, або повністю її виключити; осадження покриттів з заданими фізико-механічними властивостями по всій товщини; одночасне відновлення великої кількості деталей. Це значно знижує трудомісткість та собівартість відновленої деталі; можливість автоматизації процесу. Під час відновлення деталей гальванічними методами частіше за все використовують залізнення, хромування, цинкування та ін.

#### ***Список використаних джерел***

1. Журавель Д.П., Бондар А.М, Дашивець Г.І. Дослідження адаптивної роботи рульового управління транспортного засобу в швидкісному режимі. Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: мат. Міжн. наук.-практ. форуму. Мелітополь, 2019. С. 203-204.
2. Журавель Д.П., Бондар А.М, Триботехніка. Методичні вказівки до самостійної роботи Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. - 116 с.
3. Журавель Д.П. Триботехніка. Посібник до лабораторно-практичних робіт. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 136 с.
4. Журавель Д.П. Триботехніка. Курс лекцій. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 280 с.

УДК 631

## ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Паніна В.В., к.т.н.,

Сапальов А.В., магістрант

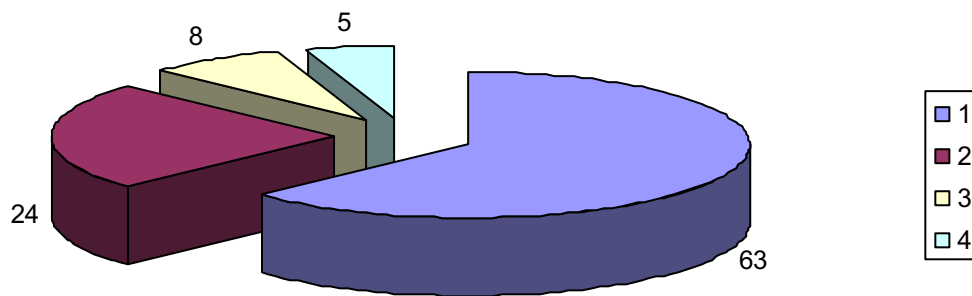
*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

**Постановка проблеми.** В теперішній час для обробки ґрунту у більшості випадків використовуються робочі органи сільськогосподарських машин, конструктивні параметри яких були розроблені 30...40 років тому. Їх технічний рівень і якість не відповідають вимогам, що пред'являються до них за такими параметрами, як міцність, зносостійкість, виконання агротехнічних вимог. Порівняно з роботою деталей тракторів або автомобілів деталі сільськогосподарських машин в набагато більшій мірі піддаються абразивному зносу внаслідок того, що вони безпосередньо стикаються з оброблюваним середовищем або працюють в умовах великої запиленості [1]. Робочі органи ґрунтообробних машин експлуатуються в абразивному середовищі та інтенсивно зношуються, змінюючи форму і розміри, під впливом різних фізичних і хімічних факторів, тому їх треба часто міняти або ремонтувати. Незважаючи на різномарочність сільськогосподарських машин, більшість їх деталей відновлюють майже одними і тими ж способами

**Основні матеріали дослідження.** При підготовці до ремонту сільськогосподарських машин часто обмежуються їх зовнішнім очищенням, неповним розбиранням і миттям водою, внаслідок доступу до багатьох деталей і вузлів без розбирання.

Основні можливі дефекти культиваторів— це затуплення лез робочих органів (стрілчастих лап, підгортачів тощо); спрацювання втулок, осей коліс, сальників, різьб на деталях, деталей механізмів підйому робочих органів і керування колесами, з'єднувального шарніра; перекіс і скручування деталей рами, гряділів (рис. 1) [2].

Найбільшу частку у вивченні питання зношування робочих органів ґрунтообробних машин та розробки заходів по підвищенню їх довговічності внесли вітчизняні і закордонні вчені: Берштейн Д.Б., Львов П.Н., Крагельський І.В., Костецький Б.І., Єрмолов Л.С., Рабінович А.Ш., Кушнар'єв А.С., Север'єв М.М., Гречкосій В.Д., Лехман С.Д., Тененбаум М.М., Бойко А.І., Панов І.М., Хрущов М.М., Розенбаум А.Н. і багато інших.



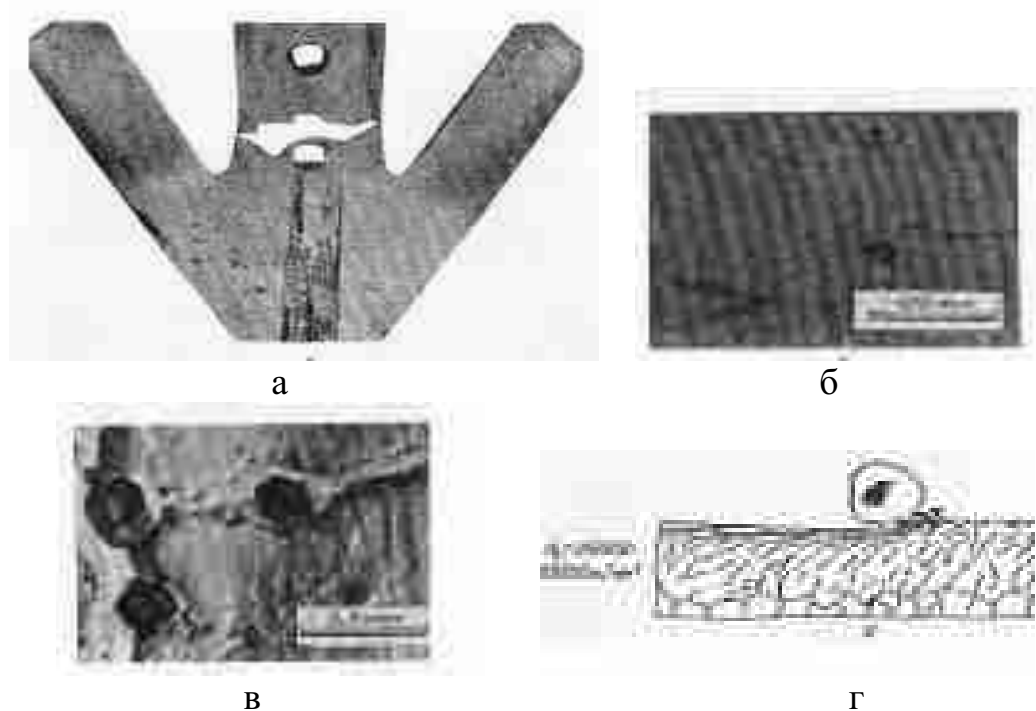
1 – затуплення лез робочих органів; 2 – перекіс та скручування деталей рами; 3 – механізм підйому робочих органів; 4 - інше

**Рис. 1. Види відмов культиваторів у відсотках**

Великі габарити і складна конфігурація багатьох вузлів і деталей не дозволяють застосувати для перевірки їх взаємного розташування звичайного вимірювального інструменту. Тому при ремонті часто користуються шаблонами, що виготовляються за формою нового вузла або деталі. Як показують статистичні дослідження, леміш плугу в середньому підлягає заміні після 20 га обробленого ґрунту (ця цифра може бути різною, в залежності від типу ґрунту), наплавлення зносостійкими матеріалами дозволяє експлуатувати леміш більше 100 га. Таким чином отримуємо п'ятикратне збільшення терміну служби і всього двократне збільшення вартості лемеша. Процеси абразивного зношування широко розповсюджені при роботі деталей і робочих органів сільськогосподарських машин. Результати спектрального аналізу свідчать про важливу роль хімічних процесів у формуванні структури поверхонь тертя в процесі експлуатації і насиченні поверхневих шарів деталей машин киснем.

У всіх випадках відбувається деформаційне активування поверхневих шарів деталей, миттєва взаємодія з активними елементами середовища, окислювання з утворенням нових фаз-вторинних структур та їх наступне руйнування (рис. 2).

Глибина трансформованого і окисленого шару деталей (леміш плугу, лапа культиватора) складає до 0,15...0,20 мкм, вміст кисню знаходиться в межах 15...18%. [3]. Основними агентами зношування змінних робочих органів є тверді (HV 7...11 ГПа) мінеральні частинки кварцу і граніту, що складають приблизно 36...70% ґрунту. Потім за ступенем вмісту йдуть польовий шпат, слюда та інші мінерали (HV 6...7,2 ГПа) [1].



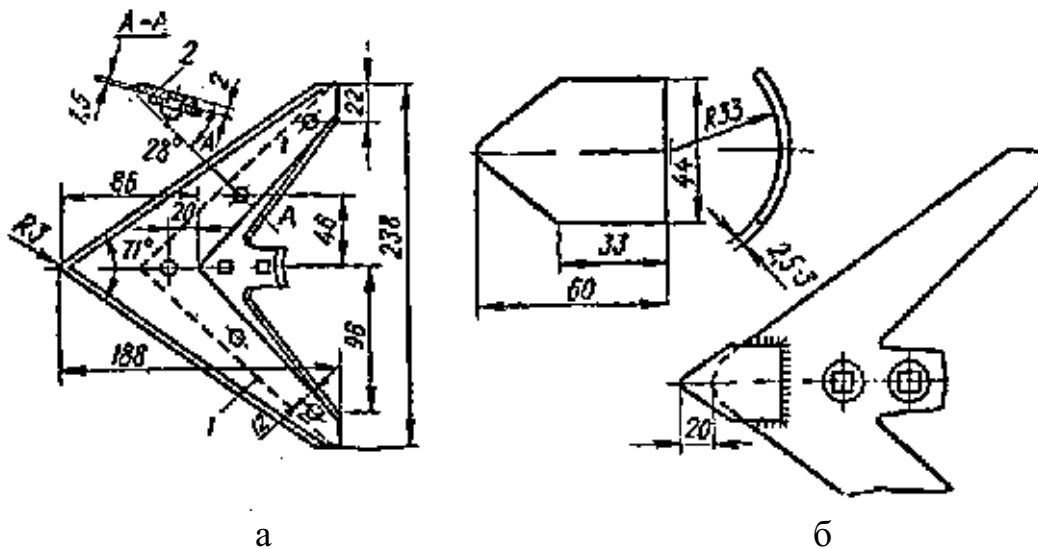
а – загальний вигляд; б – мікрофотографія поверхні тертя; в електронна фотографія, яка ілюструє руйнування плівок вторинних структур зернами абразиву; г – схема взаємодії абразивної частинки з поверхнею металу (по Костецькому Б.І.)

**Рис. 2. Механо-хімічна форма абразивного зношування лапи культиватора**

Більшість робочих органів культиваторів (крім розпушувальних лап)—самозаточувальні, наплавлені твердими сплавами з тильного боку. Вони відновленню не підлягають. Розпушувальні лапи заточують зверху до товщини різальних кромek не більше 1 мм. Стрілчасті лапи відновлюють встановленням змінних лез на потайних заклепках або приварюванням накладки на носок (рис. 3 а). Після встановлення змінну лапу нагрівають до 820 °С і загартовують у воді. Лапи із сталі 70Г загартовують у маслі. Накладку (рис. 3 б) виготовляють із вибракуваних сегментів жаток і косарок або з дисків сошників сіялок. Після приварювання на виступаючу частину накладки з тильного боку наплавляють газовим зварюванням шар сормаїту № 1 товщиною 0,7—1 мм, потім зачищають напливи і заточують лезо.

Стояки лап при відхиленні від площинності правлять у нагрітому стані. Потайні головки кріплення лап до стояків мають заглиблюватись на 1 мм. Стояки кріплять так, щоб носки лап при перевірці на плиті мали зазор не більше 1 мм, а кромки леза — 3 мм. Носок стрілчастої лапи може бути зменшений від вертикальної осі симетрії гряділя на  $\pm 3$  мм.





а – встановленням змінних лез; 1 – вирівняне лезо; 2 – лезо-накладка; б – приварюванням накладки на носок

**Рис. 3. Відновлення лап культиватора**

Були проаналізовані різні технології зміцнення деталей робочих органів ґрунтообробних машин:

- індукційне наплавлення твердим сплавом ПГ-С27;
- точкове дугове зварювання порошковим дротом ПП-АН170;
- використання евтектичних покриттів системи Fe-Mn-C-B;

Для підвищення строку служби деталей машин і механізмів шляхом нанесення евтектичних покриттів використовується насичення зі спеціальних порошків (обмазок, паст) за допомогою нагрівання СВЧ, швидкісного пічного нагрівання, відцентрової біметалізації, газополум'яного напилювання, електрохімічного осадження, наплавлення твердими сплавами, поверхневого легування сталевого литва. При реалізації відомого підходу за 10 секунд при товщині суміші 3 мм і нагріванню СВЧ до 1553 К на сталі 45 отримують покриття товщиною 0,7 мм. Таким чином, запропонований метод дозволяє у 2 рази збільшити товщину зміцненого шару.

Виконаний комплекс теоретичних досліджень дозволяє розробити рекомендації по підвищенню ресурсу деталей робочих органів ґрунтообробних машин зміцненням їх ріжучої частини з використанням методу точкового зміцнення (дугового точкового зварювання).

Наплавлення дозволяє підвищити стійкість деталей машин проти зношування, головним чином, абразивного, електрохімічної корозії, ерозії, кавітаційного руйнування, термічної і контактної втоми. Наплавлення широко використовують для відновлення розмірів спрацьованих деталей машин, що дозволяє замінити в деталях високолеговані сталі вуглецевою, а кольорові метали – чорними. В теперішній час є велика кількість наплавлених матеріалів, що дає можливість

конструктору підібрати необхідні за умовами роботи матеріали для наплавлення поверхонь деталей машин.

Користуючись матеріалами [4-6], за допомогою багатокритеріальної оцінки відстані до цілі можливо визначити раціональний спосіб відновлення ґрунтообробних робочих органів.

### **Висновок.**

Проаналізовано види відмов культиваторів та з'ясовано, що підвищенню ресурсу деталей робочих органів культиваторів можливо зміцненням їх ріжучої частини з використанням методу точкового зміцнення.

### **Список використаних джерел**

1. Новиков В.С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин: автореферат дис. на соискание ученой степени док. техн. наук/ В.С. Новиков;- М., 2008. 39 с.

2. Паніна В.В., Чорна Т.С. Альтернативний спосіб відновлення гільз циліндрів/ Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 1. – 7 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-23

URL: <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik>.

3. Зазимко О.В. Закономерности механохимических процессов при абразивном изнашивании сталей: автореферат на соискание ученой степени канд. техн. наук/О.В. Зазимко; -Киев, 1988.-19 с.

4. Паніна В.В., Дашивець Г.І., Новік О.Ю. Застосування багатокритеріальної оцінки для вибору способу відновлення ґрунтообробних робочих органів/ Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2017. Вип. 17, т. 3. С.130-137.

5. Паніна В.В., Дашивець Г.І., Новік О.Ю. Застосування багатокритеріального методу при виборі обладнання для ремонтної майстерні (на прикладі мийної машини)/ Праці Таврійського ДАТУ. Вип. 19, том 4. - Мелітополь, ТДАТУ, 2019. С. 207-213. DOI:10/31388/2078-0877-19-4-207-213.

6. Паніна В.В., Дашивець Г.І., Новік О.Ю. Обґрунтування вибору обладнання для раціонального способу відновлення колінчастого валу/ Збірник статей Всеукр. наук.-пр. конф. «Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України», м. Ніжин, 2019. – С.273-280.

УДК 620.9.004:003.13

## ВИЗНАЧЕННЯ СРОКУ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ СПОСОБУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Тарабанов Є.О, студ. 42 АІ

Новік О.Ю., інж.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

При визначенні економічної доцільності використання способів ремонту деталей, доцільно використовувати такі параметри, які вказують на ефективність аналізованого способу на протязі часу. Існуючі способи оцінки ефективності використання способів ремонту деталей не надають можливості зробити оцінку застосовності способів до умов підприємства та зробити висновок о часовом параметрі того чи іншого способу відновлення деталі. Ціллю розробка алгоритму щодо аналітичного визначення ефективності використання того чи іншого способу ремонту.

При розробці алгоритму необхідно визначити наступні завдання: розробити методи визначення вартісних параметрів аналітичних способів з урахуванням фактору часу, та розробити матрицю для аналітичного визначення часових параметрів, які характеризують ефективність способів відновлення деталей.

Існуючі методи оцінки способів відновлення зношеної поверхні деталей передбачують тільки визначення раціональності використання по техніко-економічному критерію, а ефективність використання в часі не передбачають.

Таким чином використовувати не має можливості визначитися в часі використання того чи іншого способу.

Пропонуємо графоаналітичний метод дає можливість цей час визначити, за рахунок побудови графоаналітичної моделі.

Початкові дані для визначення часу ефективного використання прийнятого способу такі

1. Собівартість (питома) відновлення поверхні;
2. Питомі одночасні витрати, що забезпечують рентабельність і-го способу відновлення поверхні;

3. Коефіцієнт, що враховує фактор часу і-го способу відновлення.

Для визначення питомої собівартості і-го способу відновлення пропонується використовувати існуючі дослідження в галузі вибору раціональних способів, які заповнені в результаті експериментів (Шадрічев, Маслов), а для визначення питомих одночасних витрат, що забезпечують рентабельність і-го способу, проведені аналітичні дослідження [1-3].

Так для заповнення необхідного обсягу робіт, в коштовному виразі, що забезпечує умовні рентабельність, пропонується наступна залежність

$$W_0 = \frac{\Delta K_i \cdot \alpha_{ti}}{1 - \frac{C_{bi}}{P_{ti}}} \quad (1)$$

де  $P_{ti}$  - вартісна оцінка результату використання і-го способу, грн/м<sup>2</sup>

$C_{bi}$  – питима собівартість аналізуємогт і-го способу, грн./м<sup>2</sup>;

Враховуючі, що термін виходу на точку рентабельності, передбачає час возврату одночасних витрат шляхом послідовного складання ( $P_{ti} - C_{bi}$ )  $\alpha_{ti}$  до того часу коли заповнена сума не досягне значення  $\Delta K_i$ .

Таким чином можна зробити висновок, що при виконанні умови

$$\sum_{t=1}^T (P_{ti} - C_{Bi}) \alpha_{ti} = \Delta K_i \cdot \alpha_t \quad (2)$$

Виконується умова рентабельності.

Залежність(1) можна записати так

$$W_0 = \frac{\sum_{t=1}^T (P_{ti} - C_{Bi}) \alpha_{ti}}{1 - \frac{C_{bi}}{P_{ti}}} \quad (3)$$

При використанні і-го способу відновлення поверхні 10 років, фіксований строк виходу (Т) на нульову рентабельність складе

$$T = \frac{10(K_p - 1)}{K_p} \quad (4)$$

При  $K_p = 1.25$ , це складе

$$T = \frac{10(1,25 - 1)}{1.25} = 2,0 \text{ рока};$$

Таким чином залежність (3) буде мати наступний вигляд

$$W_0 = \frac{2(P_{ti} - C_{Bi}) \alpha_{ti}}{1 - \frac{C_{bi}}{P_{ti}}} \quad (5)$$

а залежність (2)

$$(P_{ti} - C_{Bi})2 = \Delta K_i \quad (6)$$

Для визначення  $\alpha_{ti}$ , пропонується використовувати наступну залежність

$$\alpha_t = (1 + E_n)^{tp-t} \quad (7)$$

$E_n$  – норматив зведення витрат по фектору часу чисельно прірівнюється до нормативного коефіцієнту ефективності капітальних вкладень

$t_p$  – розрахунковий рік;

$t$  – рік, результати і витрати якого приведені до розрахункового періоду часу.

Для побудови графічної моделі виконуються наступні розрахунки [4].

1) Визначається вартісна оцінка поточних витрат з наростаючим ітогом і-го способу

$$P_{Vi} = \sum_{t=1}^T (C_{Vi} + \Delta K_i) \cdot \alpha_{tj} \quad (8)$$

де:  $C_{Vi}$  – питима собівартість аналізуємого і-го способу, грн./м<sup>2</sup>;

$\Delta K_i$  – питоми одночасні витрати при використанні і-го способу в період часу грн./м<sup>2</sup>;

2) Визначається вартісна оцінка основних результатів від використання і-го способу в період часу,

$$P_{ti} = \sum_{t=1}^T C_{Vi} \cdot K_{pi} \cdot \alpha_{tj} \quad (9)$$

3) Визначається ефект від використання і-го способу в період часу

$$E_i = P_{ti} - P_{Vi}, \quad (10)$$

Розрахунки виконуються у табличному вигляді, що є матрицею аналітичної моделі оцінки ефективності використання способів відновлення зношеної деталі.

По результатам розрахунків аналітичної моделі виконується побудова графічної моделі, по якій і визначається ефективний термін використання і-го способу відновлення зношеної поверхні.

Так наприклад, для способу відновлення поверхні методом металізації при  $\alpha_{tj} = 1$ , початкові дані наступні [1]:  $C_{Vi} = 48,1$  грн/м<sup>2</sup>.

Таким чином, додаткові капітальні вкладення при вартісної оцінки:

$$P_{ti} = 48,1 \cdot 1.25 = 60.12 \text{ грн/м}^2$$

$$\text{складуть:} \quad \Delta K = 60,12 \cdot 0,2 = 12,02 \text{ грн/м}^2$$

Коефіцієнт, що враховує фактор часу  $\alpha_{tj}$  визначається за пропозицією [2]

$$\alpha_{tj} = (1 + E_n)^{t_p - t_j}; \quad (6)$$

де:  $E_n$  – норматив ефективності додаткових капітальних вкладень ( $E_n=0,1$ );

$t_p$  – розрахунковий рік;

$t_j$  – результати і витрати, що зведені до розрахункового періоду.

Результати розрахунків  $\alpha_{tj}$  наведені в таблиці 1



Таблиця 1.

Результати розрахунків  $\alpha_{tj}$ 

Кількість років попередніх розрахунковому року	$\alpha_t$	Кількість років, які проходять за розрахунковим роком	$\alpha_t$
10	2,5937	1	0,9091
9	2,35,79	2	0,8264
8	2,1436	3	0,7513
7	1,9487	4	0,6830
6	1,7716	5	0,6209
5	1,6105	6	0,5645
4	1,4641	7	0,5132
3	1,3310	8	0,4665
2	1,210	9	0,4241
1	1,100	10	0,3855
0	1,000	11	0,3505

Витрати на реалізацію пропонуємого способу відновлення з урахування фактору часу [5]:

$$Z_t = \sum_t^{t_k} (\Delta K + C_B) \alpha_{tj} \quad (7)$$

Так наприклад, для умов, що передбачають розробку технологічної пропозиції з плазменої металізації за рік до початку використання пропонуємого способу, коефіцієнт, що враховує фактор часу  $\alpha_t = 1,1$ .

Таким чином,

$$P_t = 0 \cdot 1,1 = 0;$$

$$Z_t = 12,02 \cdot 1,1 = 13,22 \text{ грн/м}^2$$

Аналогічно виконуються розрахунки для інших років і результати наводяться в таблиці 2

З урахування фактору часу:

$$Z_t = \sum_t^{t_k} (\Delta K + C_B) \alpha_{tj} \quad (8)$$

Так наприклад, для умов, що передбачають розробку технологічної пропозиції з плазменої металізації за рік до початку використання пропонуємого способу, коефіцієнт, що враховує фактор часу  $\alpha_t = 1,1$ .

Таким чином,

$$P_t = 0 \cdot 1,1 = 0;$$

$$Z_t = 12,02 \cdot 1,1 = 13,22 \text{ грн/м}^2$$

Аналогічно виконуються розрахунки для інших років і результати наводяться в таблиці 2

Таблиця 2.

**Матриця аналітичного визначення часових параметрів відновлення поверхні методом металізації**

Показник	Рік								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вартісна оцінка результату, грн./м <sup>2</sup>	-	60.12	60.12	60.12	60.12	60.12	60.12	60.12	60.12
Інтегральна вартісна оцінка результату $P_t$ , грн./м <sup>2</sup>	-	60.12	109,3	140.0	150,3	143,8	126,6	105,4	84,9
Вартісна оцінка одночасних витрат, $\Delta K$ , грн./м <sup>2</sup>	12,02	-	-	-	-	-	-	-	-
Вартісна оцінка поточних витрат, грн./м <sup>2</sup>	-	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1
Інтегральна вартісна оцінка, $Z_t$ , грн./м <sup>2</sup>	13,22	61,32	99,48	121,96	127,80	120,11	94,96	80,76	66,13
Фактор часу, $\alpha_t$	1,1	1,0	0,9091	0,8264	0,7513	0,6830	0,6209	0,5645	0,5132
Ефект, грн./м <sup>2</sup>	-13,22	-1,20	9,82	18,04	22,56	23,69	31,64	24,64	18,77

**Висновки:** Пропонуєма аналітична модель дає можливість встановити строк ефективного використання того чи іншого способів відновлення поверхні ремонтуємої деталі при той чи іншій рентабельності способу.

**Список використаних джерел**

1. Oleksii Novyk, Valeriia Panina, Halyna Dashyvets and Andriy Bondar. Increase in Durability of Motor Crankshaft Pin Surface by Vibrorolling. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2020. P.177-182.

2. Паніна В.В., Дашивець Г.І., Бондар А.М., Новік О.Ю. Підвищення надійності підшипників ковзання вібронакатуванням. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 1. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-1.pdf>

3. Новік О.Ю., Бондар А.М., Журавель Д.П. Триботехніка: посібник до лабораторно-практичних робіт. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 136с.

4. Новік О.Ю., Бондар А.М., Журавель Д.П. Триботехніка: методичний посібник до самостійної роботи. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 116с.

5. Новік О.Ю., Бондар А.М., Журавель Д.П. Триботехніка: курс лекцій. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 280с.

УДК 631.3

**ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

Паніна В.В., к.т.н.

Михальчук М.В., магістрант

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

**Постановка проблеми.** З переходом сільських товаровиробників до ринкових форм господарювання роль технічного сервісу підвищується, організація його вимагає зміни та вдосконалення. Це обумовлено, в тому числі і тим, що в даний час отримують розвиток сільські господарства, які не в змозі організувати технічний сервіс власної техніки. Сформована система ремонту та технічного обслуговування відрізняється надмірною централізацією послуг, і в умовах становлення ринкових відносин виявилася недостатньо ефективною для споживачів послуг.

**Основні матеріали дослідження.** Завдяки інвестиціям у сільськогосподарське машинобудування Західної Європи та Америки, вітчизняне – руйнується. Якщо така тенденція буде спостерігатись і надалі вітчизняне сільськогосподарське машинобудування занепаде, та буде залежити від виробництва аграрних закордонних фірм. Підтримка існуючої бази машинно-тракторного парку (крім закардонної техніки) в роботоздатному стані особливо актуальна задача. Дослідженню економічних проблем технічного обслуговування та ремонту техніки в сільському господарстві присвячені праці багатьох видатних вчених: Л.І Селіванова, Ю.А. Конкіна, І.С. Левицького, В.В. Регуш, Н.Є. Зіміна, Л.Ф. Коржакова, В.В. Лазовського, Н.Н. Морозова, Л.М. Пилицікова, А.Н. Халитова, А.С. Гальперіна, В.І. Черноіванова, С.С. Черепанова та інших.

Перспективний розвиток технічного сервісу в ринкових умовах передбачає максимальне використання існуючих потужностей ремонтно-обслуговуючих підприємств, це можливо за допомогою реконструкції та переоснащення. Найбільш ефективно використання створених ремонтних підприємств можливо шляхом впровадження передових технологій виробництва та нових організаційних форм, технологічних процесів для високоякісного надання технічних послуг. Також необхідно активно залучати підприємства-виготовлювачі у виконання технічного сервісу. Необхідне право вибору виконавців техсервісних послуг можливо шляхом їх розвитку та забезпечення конкурентноспроможності. Технічні сервіси можуть придбати техніку, що була у використанні, її відновлювати та реалізовувати товаровиробникам. Одним з факторів

розвитку технічних сервісів раціональне розташування мережі виробництв з технічного сервісу, гарантоване постачання запасних частин, обладнання, приладів. Крім цього необхідно забезпечити екологічно безпечні технології ремонту, оздоровлення та захист навколишнього середовища. Для зменшення витрат на технічний сервіс необхідно використання малозатратних, енергоощадних технологій.

Якщо не прийняти незвичайних заходів щодо поліпшення технічного стану МТП, то 20...25% машин з 85% у найближчі 2...3 року повністю вийдуть із ладу й можуть бути списані [1]. Реально оцінюючи стан справ, слід зазначити, що в найближчі роки в сільському господарстві буде використана переважно техніка, яка зараз перебуває в експлуатації й повинна забезпечити ефективну роботу.

Тому в основу Стратегії вдосконалення технічного сервісу на найближчі роки покладені заходи щодо підвищення опору старінню сільськогосподарської техніки. Аналіз показує, що за останній час основні обсяги робіт по забезпеченню працездатності техніки перемістились безпосередньо до товаровиробників і зводяться в основному до заміни деталей і деяких нескладних вузлів, що призводить до збільшення витрат виробництва. Тому, незважаючи на майже двократне скорочення парку машин, витрати на ремонт техніки залишаються на рівні витрат на ремонт колишнього парку.

Прогнозування розташування технічних сервісів з різними організаційними формами господарювання базується на таких принципах:

- кількість і розташування технічних сервісів залежить від наявності машинно-тракторного парку в господарствах;
- раціональні зони обслуговування з урахуванням компактності наявних тракторів і складних сільськогосподарських машин за класами та марками, транспортні шляхи.

При виборі пункту розташування ремонтного підприємства необхідно приймати до уваги не тільки наявність підприємств, які можуть бути використанні або переобладнанні в ремонтне підприємство, умови для нового будівництва, забезпеченість кадрами, енерго- та водопостачанням й т.і., але й такий важливий фактор як зменшення транспортних витрат на перевезення ремонтних об'єктів.

При правильній організації об'єкти ремонту повинні поставлятися з міст експлуатації або спеціально організованих обмінних пунктів на ремонтне підприємство й зворотньо транспортом ремонтного підприємства. Центр, який є ремонтним підприємством повинен знаходитися таким чином щоб транспортні витрати були мінімальними. Для цього слід було б для всіх учасників, де розташовані ремонтні об'єкти, розрахувати роботу по їх перевезенню та обрати місце, при якому ця робота буде найменшою. При наявності  $N$  місць, в яких розташовані об'єкти ремонту, необхідно було б скласти та розрахувати  $N$  рівнянь [2, 3].

Для спрощення вирішення цього питання кількість відстань  $S$  між точками  $N$  розташування вантажу, яке повинно бути визначено для складання  $n$  рівнянь:

$$N_S = [(n-1)/2] \cdot [1 + (n-1)], \quad (1)$$

або

$$N_S = 0.5 \cdot (n^2 - n)$$

З цією метою необхідно визначити кількість об'єктів технічного сервісу та підприємства, які можуть єнот сервіс оказати. Таку кількість замірів та розрахунків виконати практично не можливо. Необхідно за-зделегіть визначити зону до якої тяжіє розташування на даній території машини або інші об'єкти ремонту. Для цього слід карту розташувати до прямокутних координат та помножити кількість об'єктів даної тери-торії на абсциси крапок їх розташування, додати отримані результати та поділити на загальну кількість об'єктів. При цьому буде знайдена абсциса крапки зони, до якої тяжіють об'єкти. Для визначення орди-нати цього місця необхідно суму результатів об'єктів в окремих місцях на ординати крапок їх розташування поділити на загальну суму усіх об'єктів.

#### **Висновок.**

За представленою методикою можливо визначити місце проекту-вання виробничого підрозділу технічного сервісу сільськогосподарсь-кої техніки.

#### **Список використаних джерел**

1. Мишин М.М. Проектирование предприятий технического сер-виса.: Учебное пособие./ М.М. Мишин, П.Н. Кузнецов. – Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2008. –213 с.

2. Паніна В.В., Мусієнко О.М. Обґрунтування проекту виробни-чого підрозділу технічного сервісу сільськогосподарської техніки фер-мерських господарств/ Збірник наукових праць магістрантів та студе-нтів Таврійського державного агротехнологічного університету, Вип. 15 Т.1 Механіко-технологічний факультет. Мелітополь: ТДАТУ, 2015. С. 158-162.

3. Паніна В.В., Канковський Д.К. Обґрунтування організації výro-бництва ремонту обладнання тваринницьких ферм/ Збірник наукових праць магістрантів та студентів Таврійського державного агротехно-логічного університету, Вип. 15 Т.1 Механіко-технологічний факуль-тет. Мелітополь: ТДАТУ, 2015. С. 28-32.



УДК 620.1

## ПРИПРАЦЮВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ ДЕТАЛЕЙ – ВАЖЛИВИЙ РЕЗЕРВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І РЕСУРСУ ШЕ- СТЕРЕННИХ НАСОСІВ ПІСЛЯ РЕМОНТУ

В'юник О. В., інж.,

Фурдак Т. В., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми.** Підвищення ефективності роботи мобільних засобів є важливим внеском у енерго- та ресурсозбереження при виробництві сільськогосподарської продукції. Відновлення працездатного стану та технічного ресурсу деталей гідравлічних систем є значним резервом підвищення ефективності роботи техніки.

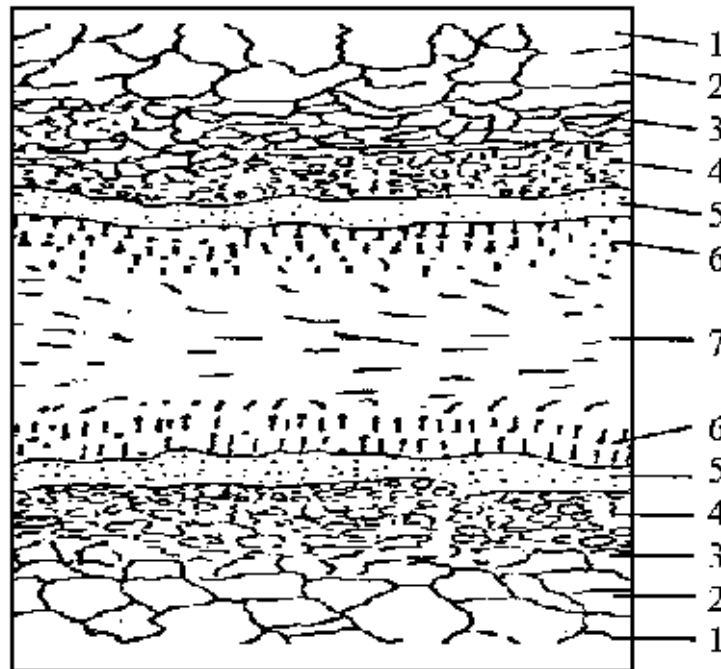
У гідравлічних системах сучасних тракторів і інших сільськогосподарських машин основним перетворювачем енергії, необхідної для нагнітання робочої рідини в гідравлічні системи привода керування навісними, напівнавісними й причіпними знаряддями сільськогосподарських і промислових тракторів, самохідних сільськогосподарських і дорожніх машин, є насос, тому підвищення надійності та ресурсу шестеренних насосів є актуальним.

**Основні матеріали дослідження.** Встановлено, що припрацювання вузлів тертя насосу після ремонту в значній мірі визначає безвідказність механізму при подальшій його експлуатації [1].

згідно ДСТУ 2823-94 припрацювання – це процес переходу трібосистеми до стаціонарного стану, зумовлений зміною геометрії поверхонь тертя, складу та фізико-механічних властивостей поверхневих шарів тертьових тіл, а також фізико-хімічних властивостей мастильних матеріалів.

Стосовно тертьових поверхонь деталей шестеренного насосу можна сказати, що припрацювання – це процес формування оптимальної мікрогеометрії та фізико-механічних властивостей поверхневих шарів матеріалу в початковий період тертя (рис.1)

Знос матеріалу деталей та зміна їх розмірів в процесі тертя визначаються властивостями матеріалів, з яких виготовлено деталі, режимами тертя (контактний тиск, швидкість ковзання або кочення) та умовами роботи вузла тертя (температура та властивості навколишнього середовища, вид мастильного матеріалу або відсутність мащення).



**Рис. 1. Фізико-хімічні явища в трибоспряженні:**

1 – основний матеріал; 2 – зона пружних деформацій; 3 – зона пластичних деформацій; 4 – текстурований шар; 5 – шар окислів і поверхневих з'єднань; 6 – граничний шар; 7 – гідродинамічна зона;  
1-6 – в твердому тілі; 7 – в рідині

Припрацювання є складним процесом, перебіг якого проходить під впливом великої кількості різних факторів. Воно є необхідним процесом, оскільки усуває похибки механічної обробки деталей (овальність, конусоподібність та ін.); неточності взаємного розташування поверхонь деталей, які утворюються при складанні і зміні їх геометричної форми при затягуванні болтових з'єднань; нерівномірну зміну форми деталей, викликану підвищенням температури на початковому етапі роботи з'єднань; нерівномірність взаємного прилягання і значну різницю в шорсткості і фізико-механічних властивостях поверхневих шарів деталей [2, 3].

Заходи, спрямовані на підвищення якості припрацювання вузлів тертя шестеренного насоса можна поділити на (рис. 2):

- конструктивні (здійснюються при виготовленні деталей);
- технологічні (здійснюються при ремонті та відновленні деталей);
- експлуатаційні (здійснюються при обкатуванні агрегатів).

Домогтись підвищення якості припрацювання деталей конструктивними заходами в умовах ремонтного виробництва дуже складно.

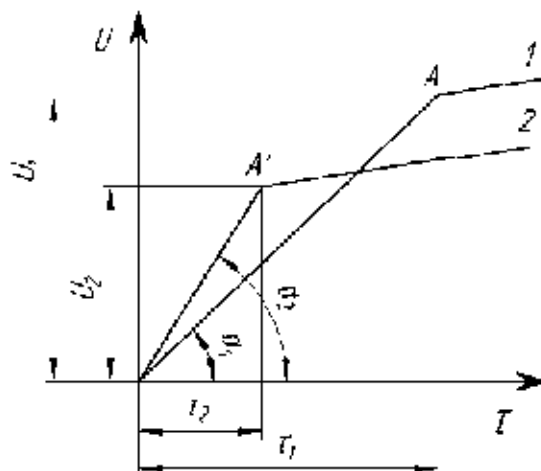
Технологічні заходи потребують матеріальних витрат, залучення кваліфікованих фахівців та дорогого обладнання

Одним з найбільш перспективних напрямків оптимізації процесу припрацювання є експлуатаційні заходи які забезпечують високу інтенсивність зношування, формування оптимальної мікрогеометрії поверхні деталі під час обкатування [4-6].



**Рис.2. Класифікація заходів із прискорення припрацювання деталей шестеренного насоса.**

Тривалість стендового обкатування приблизно у 20 разів менша за час, необхідний для повного припрацювання поверхонь, тому припрацювання потрібно прискорити. З кривих зношування, представлених на рисунку 2, зрозуміло основну ідею прискореного припрацювання деталей.



**Рис. 2. Зміна зношування деталей від часу:**  
1 – типове обкатування; 2 – прискорене обкатування

Як видно з рисунку, максимальну інтенсивність зношування у початковий період обкатування з подальшим максимальним зниженням швидкості зношування забезпечить прискорене припрацювання. [1].

В процесі припрацювання деталей збільшується зазор у з'єднаннях. Із збільшенням зазору зменшується ресурс цих з'єднань в експлуатації й, відповідно, знижується довговічність насосу в період роботи.

Міжремонтний ресурс сполучення визначається рівнянням [7]

$$\tau_p = S_{\max} - S_{\text{поч}} / \tau_\beta, \quad (1)$$

де  $S_{\max}$  – максимально допустимий зазор у з'єднанні, мкм;

$S_{\text{поч}}$  – зазор після припрацювання, мкм;

$t_\beta = dS/dt$  – швидкість зношування деталей.

Одним з факторів, що впливає на якість припрацювання і у цілому на ресурс з'єднання, є величина початкового зазору  $S_{\text{поч}}$ , яка залежить від безлічі факторів представлених у формулі [4]:

$$S_{\text{поч}} = f(P, n, \eta, T, \tau, C, K, \varepsilon, m, d, S_{\text{ск}}), \quad (2)$$

де  $P$  – навантаження на пари тертя, тертьові деталі,  $H$ ;

$n$  – частота обертання (швидкість переміщення),  $\text{хв.}^{-1}$ ;

$\eta$  – в'язкість мастила,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$T$  – температура деталей,  $K$ ;

$\tau$  – час припрацювання,  $\text{год.}$ ;

$C$  – геометричні параметри деталей з'єднання,  $\text{мм}$ ;

$K$  – якість змащення;

$\varepsilon$  – енергетичні втрати;

$m$  – зносостійкість деталей сполучення;

$d$  – здатність робочих шарів сприймати поверхнево-пластичну деформацію;

$S_{\text{ск}}$  – складальний зазор,  $\text{мм}$ .

Зношування деталей у процесі припрацювання може досягати значних величин.

Дослідженнями в роботі [8] встановлено, що зниження зношування деталей при припрацюванні, знижує інтенсивність зношування їх у процесі експлуатації, а, отже, збільшує міжремонтний ресурс.

**Висновки.** Таким чином, результати аналізу проведених досліджень говорять про те, що під час стендового обкатування необхідне

зниження зношення в період припрацювання. Це можна здійснити шляхом правильного вибору режимів обкатування гідравлічних насосів мобільних машин, використанням нових технологій, які передбачають застосування поверхнево-активних речовин для припрацювання.

### **Список використаних джерел**

1. Дідур В.В., Паніна В.В., В'юник О.В. Спосіб підвищення післяремонтної довговічності шестеренних насосів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 110 – 117.

2. Паніна В.В., Дашивець Г.І. Підвищення зносостійкості гільз циліндрів двигунів. *Науковий вісник ТДАТУ* [Електронний ресурс]. – Мелітополь: 2014. Вип.4. URL: [//nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html](http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html). С. 115–120.

3. В'юник О.В., Дідур В.В., Паніна В.В. Теоретичні підходи застосування різних присадок при обкатуванні гідромашин *Науковий вісник ТДАТУ* [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип.10, Т.1. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/naukovyji-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-1.pdf#page=203>. С. 206-215.

4. Паніна В.В., Дашивець Г.І. Спосіб відновлення гільз циліндрів з використанням ФАБО – *Науковий вісник ТДАТУ* [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2015. Вип.5, Т.1. URL: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html>. – С. 52-57.

5. Паніна В.В., Рябов Р.М. Ресурсозберігаючий спосіб відновлення гільз циліндрів. *Праці Таврійського Державного агротехнологічного університету*. Вип. 13, Т.3 Мелітополь. ТДАТУ, 2013. 5с.

6. Черкун В. Е. Ремонт тракторных гидравлических систем. М.: Колос, 1984 – 253 с.

7. Журавель Д.П., Новік О.Ю., Бондар А.М., Паніна В.В. Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни «Триботехніка» для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь. ТОВ «Колор Принт», 2019. 112 с.

8. Наливайко В. Н. Прогрессивный способ восстановления шестерен гидронасосов/В. Н. Наливайко, М. И. Черновол. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*, 1989, № 2, С. 48–50.



УДК 620.1

## АНАЛІЗ ЗНОСІВ ДЕТАЛЕЙ ШЕСТЕРЕННИХ НАСОСІВ ТА СПОСОБІВ ЇХ УСУНЕННЯ

В'юник О. В., інж.,

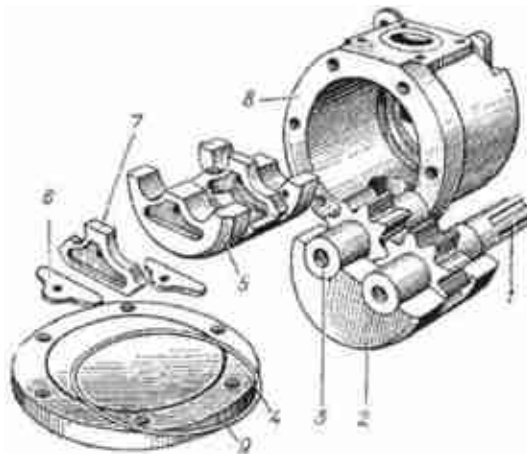
Соколенко М.М., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми.** Насоси шестеренні призначені для нагнітання робочої рідини в гідравлічні системи приводів управління навісними, напівнавісними і причіпними знаряддями сільськогосподарської, дорожньо-будівельної, автомобільної та іншої техніки, тому підвищення надійності та ресурсу шестеренних насосів є актуальним.

**Основні матеріали дослідження.** Залежно від характеру процесу виштовхування робочої рідини насоси підрозділяються на поршневі, крильчасті і роторні. Серед зазначених типів насосів найбільшого поширення в транспортному і сільськогосподарському машинобудуванні отримали роторні шестеренчасті гідромашини.

Шестеренний насос в розібраному стані представлений на рис.1. Він складається з корпусу 8, виконаного з алюмінієвого сплаву, усередині якого встановлені підшипниковий блок 2 з ведучою 1 і веденою 3 шестернями і ущільнюючий блок 5, що представляє собою іншу половину підшипника.

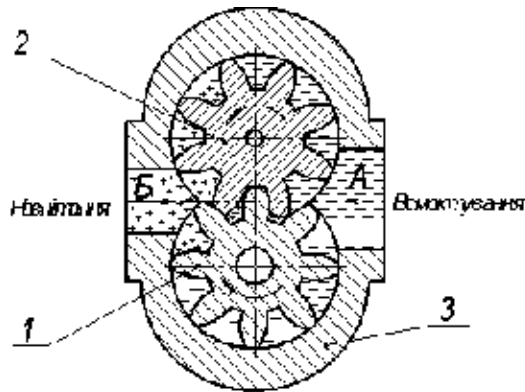


**Рис.1. Будова шестеренного насосу НШ-К:**

1 – ведуча шестерня; 2 – підшипниковий блок; 3 – ведена шестерня; 4 – кришка; 5 – ущільнюючий блок; 6 – гумова прокладка; 7 – пластик; 8 – корпус; 9 – ущільнювальне гумове кільце.

Для радіального ущільнення шестерень в центральній частині ущільнюючого блоку є дві сегментні поверхні, що охоплюють з встановленим зазором зуби шестерень. Для торцевого ущільнення шестерень служать два підтискні платики 7, що встановлюються в спеціальні пази ущільнюючого блоку з обох сторін шестерень. У підтискних платиках є фігурні поглиблення під гумові прокладки 6. Тиском рідини з порожнини нагнітання платки 7 притискаються до торців шестерень, завдяки чому автоматично компенсується зазор. Ведуча і ведена шестерні виконані заодно з цапфами, що спираються на підшипники ковзання підшипникового і ущільнюючого блоків. Одна з цапф ведучої шестерні має шліци для з'єднання з валом приводу двигуна. Насос закривається кришкою 4 з ущільнювальним гумовим кільцем 9. Приводний вал насоса ущільнений гумовою манжетою, закріпленою спеціальними кільцями в корпусі насоса.

Принцип дії шестеренного насоса показано на рисунку 2.



**Рис.2. Схема шестеренного насоса:**

1 – ведуча шестерня; 2 – ведена шестерня; 3 – корпус;  
А – порожнина всмоктування; Б – порожнина нагнітання.

Дві шестерні рівної ширини – ведуча та ведена – знаходяться в зачепленні і розташовані в корпусі з мінімальним радіальним зазором. До торцевих поверхонь шестерень прилягають бічні стінки насоса. при обертанні шестерень насоса в протилежні сторони в камері всмоктування зуби виходять з зачеплення, утворюючи розрідження (вакуум). За рахунок вакууму з бака в камеру всмоктування надходить робоча рідина і заповнює западини між зубами шестерень. Робоча рідина разом з западинами зубів шестерень переміщується по внутрішній поверхні колодязів корпусу і переноситься з боку всмоктування в сторону нагнітання. У камері нагнітання зуби шестерень входять в зачеплення і виштовхують рідину з западин, яка з камери Б надходить в нагнітальний трубопровід.

Навіть за найдосконалішої конструкції та ретельного обслуговування фізичне спрацювання машин неминуче

Основною причиною, яка призводить до втрати працездатності більшості машин, є зношення сполучених деталей. При контакті двох спряжених поверхонь деталей та їх відносному переміщенні в поверхневих шарах виникають механічні та молекулярні взаємодії, які призводять до руйнування поверхонь, тобто зношення.

Зношення – це результат зношування. Під зношуванням розуміють процес відокремлення матеріалу з поверхні твердого тіла при терті. Тертя – це опір, який виникає при взаємному переміщенні тіл, що стикаються.

Відповідно до молекулярно-механічної теорії У.В. Крагельського і Б.В. Дерягіна тертя складається із двох опорів, з них перший – це результат механічної взаємодії, при якому виступи однієї поверхні потрапляють у западини іншої (фрикційний зв'язок), а другий – це наслідок молекулярної взаємодії поверхонь тертя [1].

Чинників зношування гідравлічних насосів дуже багато – це режим роботи, фізико-хімічні характеристики пар тертя, технологія виготовлення, конструктивні особливості, тип робочої рідини та ін.. Кожен з цих чинників спричиняє фізичні, хімічні або структурні зміни в поверхневому шарі зношеної деталі.

Зношування у машинах поділяють на механічне, корозійно-механічне і зношування внаслідок дії електричного струму [2]. Деталі гідравлічного насоса найчастіше піддаються механічному зношуванню, тобто зношуванню внаслідок механічної дії.

Механічне зношування, в свою чергу, поділяють на абразивне, гідроабразивне, гідрозерозійне та внаслідок утомлюваності.

Абразивне зношування – це механічне зношування матеріалу внаслідок різальної або дряпаючої дії твердих тіл чи частинок. Абразивні частинки можуть бути мінерального походження, металевими, продуктами окислення поверхонь деталей та ін. Основне джерело потрапляння абразивних частинок у сполучення машин – довкілля. Більшість частинок мають розмір 5–120 мкм, тобто співрозмірні із зазорами в сполученнях машин. Швидкість абразивного зношування залежить від кількості абразивних частинок та їх твердості. Для зниження абразивного зношування твердість робочої поверхні деталі повинна бути в 1,3 раза вищою за твердість абразиву.

Різновидом абразивного є гідроабразивне зношування. Це абразивне зношування внаслідок дії твердих тіл або твердих частинок, що вносяться потоком рідини. Таке зношування характерне для гідравлічних машин і гідроприводів.

Ерозійне зношування внаслідок дії потоку рідини називається гідрозерозійним. Ерозія металів – комплексний фізичний та фізико-хімічний процес, що відбувається внаслідок впливу довкілля, окислення, наклепу, температурних напружень та від утомлюваності. Прикладом

ерозійного зношування машин є зношування розподільників гідравлічної апаратури. Одним з видів гідроерозійного зношування є кавітаційне. Таке зношування відбувається під час руху твердого тіла відносно рідини, за якого пухирці газу лопаються поблизу поверхні, що створює місцевий ударний тиск. Зношування від кавітації характерне для гідравлічних машин, коли в потоці рідини утворюються бульбашки пари та газу, при переході в зону високих тисків відбувається конденсація пари і створюються умови для місцевого гідравлічного удару. При цьому дія тиску на поверхню буває настільки значною, що виникають глибокі каверни, які можуть зливатися і утворювати навіть наскрізний отвір

Зношування від утомлюваності – це механічне зношування внаслідок руйнування від утомлюваності при повторному деформуванні мікрооб'ємів поверхневого шару. Явище зношування від утомлюваності відбувається при терті кочення і терті ковзання. Основою цього виду зношування є утворення фрикційних зв'язків при прикладенні нормального навантаження в разі відносного ковзання поверхонь тертя. Зношування від утомлюваності найчастіше спостерігається в умовах високих контактних навантажень при одночасному коченні та проковзуванні однієї поверхні по іншій. За таких умов працюють важко навантажені шестерні та підшипники кочення.

Як правило, зношування гідросистем пов'язують з їх забрудненням. Забруднення можуть бути у вигляді твердих, рідких і газоподібних включень. Кожне з них може значною мірою впливати на зношування деталей. Найбільше впливають на надійність і довговічність гідропривода механічні включення. Внаслідок забруднення робочих рідин виходить з ладу 75% гідроприводів.

При розбиранні насоса після тривалої його експлуатації зазвичай виявляється знос підшипникової та підтискної обойми. Особливо сильно зношуються дотичні торці шестерень і опорних втулок, на поверхнях яких утворюються кільцеві задири, хвилястість і ін. Зношуються пластики по поверхнях, що дотикаються до торців шестерень. Втрачають свої властивості гумові ущільнення.

При відновленні підшипникової та підтискної обойми зношені поверхні напівотворів під цапфи шестерень розточують зберігаючи міжосьову відстань. В підтискних обоймах разом з обробкою полу отворів розточують радіальні поверхні під відповідний ремонтний розмір і після чого фрезерують площину роз'єму на півкілець підтискної та підшипникової обойми до ремонтних розмірів. Поверхні колодязя та напівотвори під компенсаційні втулки розточують. Торці підтискної обойми фрезерують. Обойми також можна відновлювати наплавленням зношених місць під цапфами. У підтискної обойми також наплавають робочу поверхню вкладиша. Відновлення проводять електродуговим наплавленням спеціальним порошковим дротом в середовищі

аргону. Після цього обойму оброблюють під номінальний розмір, виконуючи при цьому операції механічної та слюсарної обробки.

Відновлення шестерень включає усунення зносу цапф, торцевої поверхні та головок зубців шестерень по колу. Незначні зноси шестерень в межах товщини термообробленого шару дозволяють відновити їх шліфуванням зношених поверхонь цапф, торців та зовнішньої поверхні головок зубців шестерень під ремонтні розміри. При виході розмірів шестерні за граничні її відновлюють електролітичними способами або вібродуговим наплавленням з послідувочою термічною та механічною обробкою (даний спосіб відновлення не знайшов широкого застосування в ремонтному виробництві через велику вартість та використання складного обладнання).

Пластики, зношені в місцях контактів торців шестерень, шліфують або фрезерують під ремонтні розміри по товщині [3,4].

**Висновки.** Проведений аналіз зносів деталей шестеренних насосів та способів їх усунення показав, що в більшості застосовується спосіб ремонтних розмірів. Він характеризується видаленням слідів спрацювання робочих поверхонь деталей механічною обробкою до ремонтного розміру з дотриманням технічних вимог на клас чистоти поверхні, геометричну форму та фізико-механічні властивості. Як видно з аналізу, відновлення деталей – енерго- та ресурсомісткий процес тому темою подальших досліджень є підвищення ресурсу шестеренних насосів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Крагельский, И.В. Основы расчетов на трение и износ [Текст]: И.В. Крагельский и др. – М.: Машиностроение, 1977.
2. Закалов О.В., Закалов І.О. Основы тертя і зношування в машинах: навч. посіб. Тернопіль, Видавництво ТНТУ, 2011. 322 с.
3. Дідур В. В., Паніна В. В., В'юник О. В. Спосіб підвищення післяремонтної довговічності шестеренних насосів. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 110–117.
4. В'юник О.В., Дідур В.В., Паніна В.В., Дашивець Г.І. Теоретичні підходи застосування різних присадок при обкатуванні гідромашин. Науковий вісник ТДАТУ Мелітополь, 2020. Вип. 10, т. 1. С. 206 – 215.



УДК 62.5

## ХАРАКТЕР ЗНОСУ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ

Тарельник Н.В. к.е.н., доц.,  
Калнагуз О.М. ст. викл.,  
Михайлик С.В., магістр,  
*Сумський НАУ, м. Суми, Україна*

Найбільш цікавими з погляду різноманіття зовнішніх факторів впливу на процеси тертя і зношування є деталі циліндро-поршневої групи (ЦПГ) ДВЗ. Деталі ЦПГ відносяться до найбільш напружених і відповідальних деталей дизельного двигуна. Ресурс двигуна, у першу чергу, визначається надійною і довговічною роботою його основної пари тертя – „гільза циліндра і поршневе кільце”. Ці деталі знаходяться в найбільш важких умовах експлуатації і є найменш довговічними з основних деталей двигуна [1].

На процес зносу гільз циліндрів, поршнів і поршневих кілець впливає велика кількість факторів, що залежать від типу двигуна, його конструктивних особливостей, рівня форсування, застосовуваного палива й мастила, підготовки обслуговуючого персоналу, кліматичної зони експлуатації та багато інших факторів. Збільшення ступеня наддуву приводить до росту максимальних тисків згоряння, збільшенню тисків тертя між поршневими кільцями і гільзою циліндра. Підвищення питомої потужності двигуна шляхом наддування приводить до зростання кількості тепла, що виділяється в циліндрі, і росту його теплонапруженості.

Таким чином, технічний прогрес в області дизелебудування, спрямований на збільшення питомої потужності сучасних двигунів, неминуче зв'язаний з ростом тисків тертя і теплової напруженості деталей ЦПГ, що неминуче приводить до погіршення умов тертя й інтенсифікації зносу гільз циліндрів, поршневих кілець і поршнів.

Багато авторів відзначають, що гільза циліндра одночасно піддається молекулярно-механічному, корозійно-механічному й абразивному зношуванню. Як відзначають автори деяких робіт, процес молекулярно-механічного зношування найбільш ймовірний у верхній частині циліндра, де внаслідок недостатнього змащування, малої швидкості поршня, високих температур і тисків порушується безперервність масляної плівки, і в окремих точках виникає схоплювання поверхонь третьових пар. З іншого боку, високі температури поверхні гільзи, розрив масляної плівки і теплове випромінювання процесу згоряння палива сприяє інтенсивному утворенню окисних і лакових плівок. Наявність цих плівок на поверхні тертя перешкоджає зіткненню ювенільних

поверхонь і тим самим усуває імовірність захоплення поверхонь партертя. Автори багатьох дослідницьких робіт не розглядають характер зносу гільз циліндрів у нормальних умовах експлуатації, де на процес зносу впливає відразу кілька факторів і їхній вплив може бути суперечливим. Але всі автори сходяться в одному - гільза циліндра є однією з напружених і відповідальних деталей двигуна, що лімітує термін служби дизеля до капітального ремонту.

В усіх випадках експлуатації і при будь-якому домінуючому виді зносу гільза зношується нерівномірно по довжині твірній циліндра. У дизелів сімейства СМД, що мають великі величини граничних зношуваль, відбувається значне перекошування макрогеометрії циліндра в процесі експлуатації. Велика різниця в діаметрі циліндра по його висоті негативно позначається на всіх показниках роботи двигуна. Зазор у замку 1-го компресійного кільця доходить до декількох міліметрів. Кільце тисне на стінку нерівномірно по колу. Поблизу замка тиск кільця на стінку доходить до 0. При цьому витрата палива збільшується на 11-15%, витрата масла у 2-2,5 рази. При характерному підвищеному зносі верхньої зони гільзи, кільце одержує радіальний і окружний рух у поршневі канавці.

#### *Список використаних джерел*

1. Клименко Л.П. Расчет износостойкости цилиндров двигателей внутреннего сгорания // Тезисы докладов международной научно-технической конференции "Новые технологии, методы обработки и упрочнения деталей энергетических установок". Запорожье: Запорожский государственный технический университет, 2000. С. 30-39.

УДК 621.91

## ПРОЦЕС СТРУЖКОУТВОРЕННЯ

Колодій О.С.<sup>1</sup>, к.т.н.,

<sup>1</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.

**Постановка проблеми.** Розвиток методів різання металу набули важливого значення в теорії обробки, яка може бути пов'язана з основними додатковими кількостями методу. В ідеалі теорія повинна спростити прогнозування таких факторів як зусилля різання. Термін служби та якість поверхні інструменту враховують основні фізико-механічні властивості деталей та інструментів та умови використання (швидкість різання, подача та форма інструменту). Такі теорії дуже корисні для оцінки обробки матеріалів при виборі відповідних умов різання для програмування верстатів з числовим управлінням та різальних верстатів. В даний час більшість цих проблем розроблено емпірично, що безпосередньо пов'язано з вимірюванням тих параметрів, які нас цікавлять, таких як термін служби приладу на експериментальній основі. Вимірювання забирає багато часу, і отримані результати можуть бути надійно передані лише за тих самих робочих умов, що і експерименти. Оскільки теоретичний метод базується на основних властивостях, можна робити більш широкі надрізи і давати результати, які вимагають менше праці та часу.

**Основні матеріали дослідження.** Теорії способу різання металу, можуть також охопити ті умови, які призводять до переривчастого стружкоутворення і до утворення наросту на ріжучої кромці. До недавнього минулого більшість дослідників на основі мікрофотознімків перетину стружки припускали, що процес утворення стружки при прямокутної обробці, де стружка утворюється зрізом уздовж так званої площині зрізу. Цією моделлю швидкість роботи миттєво переставляється на швидкість утворення стружки, що вимагає уривчастості в тангенціальній швидкості. Подібні уривчастості швидкості часто застосовуються в дослідженнях лінії ковзання у способів обробки без зняття стружки і обробки різанням при плоских умовах подовження, і важливо визначення, що хоча дотримується безперервність течії (стружки), вони мають силу тільки для ідеальних жорстких пластичних матеріалів, які деформуються при постійному напрузі течії. Площина зрізу, що розглядається як уривчастість швидкості (поле лінії ковзання, дає напрямок максимальної величини зсувного подовження, в цьому випадків нескінченного, і максимальної напруги зсуву). Для прямої площині зрізу швидкість у всіх точках по її довжині постійна, при постійній швидкості

стружки і внаслідок цього скручування стружки не відбувається. Зазвичай швидкість в практиці не постійна, а збільшується в напрямку ріжучої кромки, і стружка відходить від інструменту і скручується.

Інша можливість вирішення цієї проблеми, яка знаходить також широке застосування в дослідженні формозміни, полягає в тому, щоб розрізати деталь в площині, яка повинна дати типове поле траєкторій і нанести на площині перетину сітку. Потім частини затискаються спільно і обробляється вся деталь. Як тільки досягнуті стабільні умови різання, процес якомога швидше припиняється, щоб деформована сітка затверділа і дала зображення умов. Таким чином можливо дуже точно відтворити картину формозміни в площині. Проблеми цього методу полягають у тому, щоб забезпечити ефективну зупинку і застосувати сітку досить маленьку, щоб її можна було нанести на розміри стружки. В останніх дослідках по обробці Hastings усунув недоліки швидкої зупинки завдяки застосуванню вибухового швидкодіючого стопорного пристосування і маленьких друкованих сіток квадратів зі сторонами - 0,002.

Деформовані сітки показують крім того, що відбувається додаткове протягом в стружці уздовж передньої грані інструменту. Це необхідно, тому що обмотували стружка незважаючи на певну довжину стикається про передньою гранню інструмента.

**Висновки.** Таким чином, дослідження показують, що погане узгодження теорії поверхні зсуву з експериментальними результатами пов'язано, в основному, з тим, що модель поверхні зсуву вимагає спрощення зі зв'язаним з цим припущенням, що матеріал деформується про постійною напругою течії.

#### **Список використаних джерел**

1. Колодій О.С., Кюрчев С.В., Сушко О.В., Ковальов О.О. «Автоматичне управління процесами обробки металів різанням»: Методичний посібник з виконання лабораторних робіт. Мелітополь: ТПЦ «Forward press», 2020. 136 с.

2. Колодій А.С., Парахин А.А. Анализ процесса стружкообразования. Праці ТДАТУ, ТДАТУ. Мелітополь, 2019 Вип. 19. Том 4. С. 253-259.

3. Постнов, В.В. Анализ деформированного состояния зоны стружкообразования при нестационарном резании. Вестник УГАТУ. 2013. Т.17. №8 (61).

УДК 631.358:634.51

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РУЧНОГО ВІБРОУДАРНОГО СТРУШУВАЧА ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ

Крупич О.М.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Семен Я.В.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Крупич Р.О.<sup>2</sup>,  
Левко С.І.<sup>1</sup>,  
Крупич С.О.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Львівський національний аграрний університет, м. Львів, Україна.

<sup>2</sup> ТЗОВ «Гідравлік Сервіс», м. Львів Україна,

<sup>3</sup> Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», Київська обл., Глеваха м. Київ, Україна.

**Постановка проблеми.** Із зростанням площ волоського горіха в Україні постала проблема механізації технологічних процесів по догляду за садами та особливо збирання вирощеного врожаю. Традиційне ручне збирання низько продуктивне і передбачає використання значної кількості трудових ресурсів, що не забезпечує потреби виробництва. Для підвищення ефективності збирання волоських горіхів при незначних затратах коштів доцільно використовувати модернізовані ручні струшувачі закордонних фірм [1, 2], що обладнуються ударним механізмом та працюють у віброударному режимі (рис. 1) [3].



**Рис. 1. Ручний віброударний струшувач волоських горіхів:**

1 – двигун внутрішнього згоряння; 2 – збурювач коливань кривошипно-повзунного типу; 3 – ударний механізм; 4 – штанга; 5 – вилчастий захват; 6, 8 – рукоятки; 7 – механізм утримання і управління струшувачем



Для ефективного використання запропонованого модернізованого віброударного струшувача доцільно провести попередні польові дослідження для передбачуваного агрофону з врахуванням природно-кліматичних умов проростання та сорту волоського горіха. Відсутність методики проведення даних досліджень створює труднощі під час організації та виконання даних досліджень. Тому, запропонована методика проведення польових випробувань ручного струшувача волоських горіхів є актуальною.

**Основні матеріали дослідження.** Польові дослідження доцільно проводити в конкретних промислових садах волоського горіха з метою визначення основних режимів роботи ручного віброударного струшувача з врахуванням сорту та природно-кліматичних умов проростання.

Струшування горіхів відбувається за рахунок передачі збурювальних зусиль скелетним гілкам першого та вищих порядків відповідно до жорсткості гілок, що у свою чергу залежить від діаметра гілки в основі (рис.2).



**Рис. 2. Модернізований ручний віброударний струшувач під час знімання горіхів**

Збір врожаю проводиться за двофазною технологією, тобто горіхи струшуються на попередньо підготоване міжряддя саду чи на розстелену уловлювальну поверхню. Працівник-збирач спочатку крейдою має відзначити місця захвату гілок, а потім здійснювати налаштування

струшувача: встановлювати початковий зазор між ковзними чашками ударного механізму; задаватись частотою струшування шляхом збільшення чи зменшення паливоподачі. Після цього працівник-збирач накидає вилчастий захват на гілку у відзначеному місці, розташовуючи штангу струшувача перпендикулярно до повздовжньої осі гілки і задає необхідну паливоподачу, що забезпечує необхідну частоту струшування. Збурюються коливання, під дією яких горіхи опадають, а в подальшому підбираються й затарюються в ящики чи контейнери [4, 5].

Дослідження проводяться на деревах різних вікових груп, як правило це дерева віком від 10 до 40 років і визначаються: повнота знімання горіхів; продуктивність струшувача; пошкодження кори в місці захвату гілок та наявність обламаних плодкових гілочок вищих порядків.

Пошкодження гілок в місці захвату оцінюються за тріщинами, сколюванням і здиранням кори, а також за її вм'ятинами й потемнінням.

Хронометражем визначаються затрати часу на знімання горіхів з однієї плодової гілки, тобто на вибір місця її захвату та захват; знімання горіхів, вивільнення гілки і позиціонування біля наступної скелетної гілки.

Сумарний час на знімання урожаю з одного дерева розраховується за формулою:

$$t_{\text{деп}} = t_{\text{зн}} n + t_{\text{мо}} + t_{\text{відп}} \quad (1)$$

де  $t_{\text{зн}}$  – затрати часу на знімання горіхів з однієї скелетної гілки, хв;

$n$  – кількість скелетних гілок на дереві, що струшуються;

$t_{\text{мо}}$  – затрати часу на технічне і технологічне обслуговування струшувача, хв;

$t_{\text{відп}}$  – перерви на короткочасний відпочинок та перехід до наступного дерева, хв.

Дослідження проводяться на режимах і за умов роботи струшувача, що забезпечують агротехнічно необхідну повноту знімання горіхів. Тобто, для скелетних гілок двох розмірних груп: перша – діаметр в основі  $D_2 = 50 - 70$  мм, відстань захвату  $\ell_2 = 1,25 - 1,75$  м; друга –  $D_2 = 70 - 90$  мм,  $\ell_2 = 1,75 - 2,25$  м. Початковий зазор  $\Delta_0$  між ковзними чашками ударного механізму приймається дискретно 5, 7,5 та 10 мм, а частоту струшування  $\omega_c$  доцільно підбирати в межах від 40 рад/с до 100 рад/с через кожні 15 рад/с. Чим більші початковий зазор  $\Delta_0$  та частота струшування  $\omega_c$  тим більші прискорення гілок генеруються, що забезпечує відрив горіхів від плодової гілочки з відкритого оплодня чи разом з ним.

**Висновки.** Польові дослідження ручного віброударного струшувача волоських горіхів за запропонованою методикою дозволяють ви-

значити основні режими роботи струшувача для передбачуваного агрофону з врахуванням природно-кліматичних умов проростання та сорту, а також отримати вихідні дані для оцінки ефективності роботи струшувача, зокрема визначення його продуктивності.

**Список використаних джерел**

1. Shaker SC105. Cifarelli SpA. [https://www.cifarelli.it/documenti/depSC105\\_GB.pdf](https://www.cifarelli.it/documenti/depSC105_GB.pdf) (Last accessed: 15.11.2020).
2. Shaker SC800. Cifarelli SpA. URL: [https://www.cifarelli.it/documenti/SC800\\_SP-ING.pdf](https://www.cifarelli.it/documenti/SC800_SP-ING.pdf) (Last accessed: 15.11.2020).
3. Шевчук Р. С., Крупич Р. О. Модернізований ручний струшувач плодів. *Техніка і технології АПК*. 2015. № 3(66). С. 24–26.
4. Крупич Р. О. Розширення технологічних можливостей ручних струшувачів плодів. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. Львів, 2014. №18. С. 61–68.
5. Крупич Р. О., Шевчук Р. С., Крупич О. М. Методика вибору способу збирання плодів. *Теоретичні основи і практичні аспекти використання ресурсощадних технологій для підвищення ефективності агропромислового виробництва і розвитку сільських територій*: матеріали міжнар. наук.-практ. форуму (Дубляни, 18-21 вересня 2012 р.). Львів: ПП „Арал“, 2012. С. 4–15.

УДК 620.1

## АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ШЕСТЕРЕННИХ НАСОСІВ

В'юник О. В., інж.,

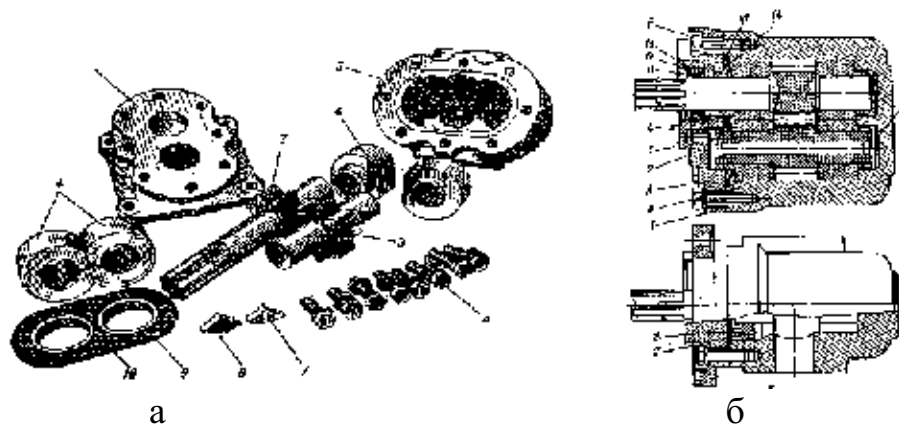
Овчаренко В. А., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми.** Як показує досвід експлуатації, надійність відремонтованих насосів значно поступається надійності нових. Це пояснюється відсутністю системної інформації щодо причин відмови насосів та системного підходу до вибору оптимальних методів відновлення зношених деталей і технології ремонту насоса в цілому. Ефективним напрямком усунення цих недоліків є поліпшення якості технічного обслуговування і ремонту шестеренних насосів, створення нових методів відновлення зношених деталей, що дозволить знизити витрати на ремонт і підвищити надійність відремонтованих насосів гідросистем сільськогосподарських машин. Отже, підвищення надійності і якості ремонту шестеренних насосів типу НШ є актуальною науковою і народногосподарською проблемою.

**Основні матеріали дослідження.** На вітчизняних тракторах використовуються насоси типу НШ–Т, НШ–Е, НШ–В, НШ–У та НШ–К (виробники Вінницький завод гідроагрегатів, Одеський завод гідроагрегатів та Кіровоградський завод «Гідросила»). В закордонних гідравлічних системах тракторів для нагнітання робочої рідини до агрегатів гідросистеми та створення в них тиску також використовують насоси типу НШ (виробник фірми BOSCH, Rex Rot «Німеччина», Eaton «США», Danfos «Данія» та інші).

Для зменшення впливу зносу качаючого вузла на довговічність насосу та підвищення його надійності з 1968 р. випускається більш вдала конструкція насосів типу НШ–У. Будова насоса модифікації НШ–У представлена на рисунку 1. За конструкцією вона відрізняється від насосів НШ–Е, Т, В тим, що замість розвантажувальної пластини з ущільнювальним кільцем вони оснащені суцільною гумовою ущільнювальною манжетою 10, затиснутою між кришкою 1 та корпусом 5 (рис. 1 а) [1]. В циліндричні отвори манжети вставлені гумові кільця 14 (рис. 1 б) з прилягаючими до кришки сталевими тонкими шайбами 9 (рис. 1 а) для ущільнення передніх опор втулок. Гумові кільця 14 (рис. 1 б) перешкоджають видавлюванню манжети в зазор між хвостовиком втулки та отвором в кришці.



**Рис. 1. Будова насосу НШ-У:**

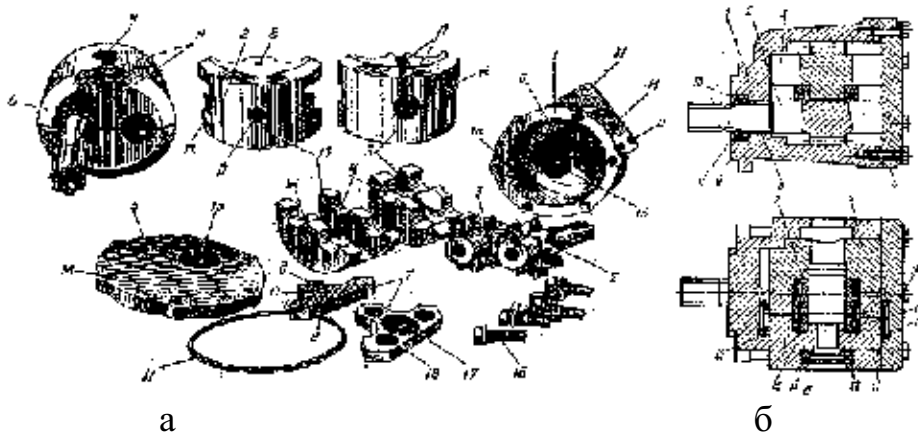
а – деталі насосу; б – поздовжній переріз; 1– кришка; 2,3 – ведуча та ведена шестерні; 4 – втулки; 5 – корпус насоса; 6 – болти; 7 – алюмінієвий клиновий вкладиш; 8 – гумові ущільнення; 9 – металеві шайби; 10 – ущільнювальна манжета; 11 – опорне кільце; 12 – манжета; 13 – стопорне кільце; 14 – гумове кільце манжети

Крім того, запірні пружинки для фіксації запірних втулок в певному розгорнутому стані усунуті, тому в корпус насоса вставляють опірні втулки без розгортання. Для кращого прилягання втулки до корпусу колодязь в кришці під ведучу шестерню розточено по діаметру на 0,5 мм більше. Для зниження тиску на підшипники (опірні втулки), а також для зменшення зносу спряжених поверхонь підшипників та їх цапф на торцях опірних втулок, що прилягають до торців шестерень, зроблено дугоподібні розвантажувальні канавки 2 x 2 мм. Щоб внутрішні втрати рідини в насосі через зазори між торцевими поверхнями шестерень та втулок залишалися мінімальними в конструкції насосів типу НШ-У використано автоматичне підтискання: робоча рідина з площини нагнітання потрапляє по пазу в площину А (рис.1 б) над передніми опорними втулками і підтискає рухомі втулки до торців шестерень, усуваючи зазор між ними. При відсутності автоматичного підтискання міг би з'явитись зазор між торцями опорних втулок та шестерень, який збільшувався б за рахунок зносу цих деталей по торцях. Тиск рідини в площині А створює силу, що підтискає рухомі втулки до торців шестерень насосу, але з боку зубців також діє тиск рідини, однак на меншу площину. Конструктивні доопрацювання вузлів ущільнення та автоматичної компенсації торцевих зазорів дозволили збільшити гарантійний ресурс насосів типу НШ-У до 1000 год. проти 800 год. для насосів попередніх конструкцій. Також для збільшення ресурсу насосів та їх надійності для розвантаження підшипників шестерень від зусиль тиску рідини використовують схеми з гідравлічним протитиском. Таку ж схему розвантаження підшипників шестерень використовує і німецька фірма BOSCH провідний виробник гідравлічних насосів в Європі. Для подо-



вження строку роботи насосів фірми BOSCH та Rex Rot використовують здвоєні суцільні підшипники з компенсаційними каналами в які вставлено полімерні вставки і за рахунок автоматичного підпору рідиною підшипників компенсується радіальний та торцевий зазор.

Вітчизняною промисловістю, для вирішення проблем компенсації радіального та торцевого зазорів випускається шестеренчастий насос типу НШ–К, будова якого наведена на рисунку 2.



**Рис. 1. Будова насосу НШ – К:**

а – деталі насосу; б – поздовжній переріз; 1 – корпус; 2,3 – ведуча та ведена шестерні; 4 – кришка; 5 – підшипникова обойма; 6 – центруюча втулка; 7 – платики; 8 – ущільнюючі манжети; 9 – опорне кільце ущільнюючої манжети; 10 – пружинне кільце; 11 – ущільнююче кільце кришки; 12 – опорна пластина; 13 – підтискна обойма; 14 – манжета радіального підтискання; 15,17,18 – манжета; 16 – болти; В – виступки під цапфи шестерень; Г – отвір; Д – проточка діаметром 6 мм та глибиною 2 мм; Е – косі отвори; Ж – пази під платики; З – трикутні пази; И – отвори для кріплення насоса; К – отвір вхідний; Л – канавка для відводу втрат рідини; М – отвори під болти; Н – оброблені площини для кріплення приєднувальної арматури; О – фаска широка; П – отвори діаметром 6 мм; Р – нагнітаючий отвір; С – отвір для кріплення кутника (арматури)

Корпус насоса відлито з алюмінієвого сплаву як одне ціле зі з'єднувальним фланцем, в якому виконано посадковий центруючий буртик та чотири отвори И під кріпильні болти 16. В середині корпусу 1 знаходиться циліндричний колодязь, в якому розміщено качаючий вузол. На дні корпусу є отвір для виходу приводного валу. З зовнішнього боку в цей отвір напресовано манжету 8 для ущільнення ведучого валу насосу, а з внутрішньої – центруючу сталеву втулку 6, що виступає в середину корпусу на 4 мм. Центруюча втулка перешкоджає прокручуванню качаючого вузла під час роботи і служить направляючою при складанні насосу [1].

На дні корпусу (всередині) та в площині кришки 4 зроблено гнізда для манжет 15 діаметром 39 мм, а також конічні заглиблення, що слугують для утворення камер осьового підтискання. Робоча рідина під тиском потрапляє в камери осьового підтискання із зони високого тиску насосу через отвір Г. На боковій поверхні корпусу 1 є дві симетрично розташовані площини Н з чотирма різьбовими отворами на кожній, що призначені для кріплення приєднувальної арматури.

В центрі однієї з цих площин є всмоктуючий отвір, а в центрі іншої – вихідний або нагнітаючий, такого ж діаметра. З середини корпусу в виточку вихідного отвору вмонтовано манжету радіального підтискання 14, що утворює камеру тиску, в якій створюється зусилля для підтискання обойми до зубів шестерні. Зверху манжети накладається металева опорна пластина 12 для перекриття зазору між корпусом 1 та підтискною обоймою 13. по мірі зношення опорних поверхонь за допомогою підтискної обойми компенсується радіальний зазор між її ущільнюючою поверхнею та зубцями шестерень. Ведуча 2 (рис.2а) та ведена 3 шестерні з цапфами виготовлені з легованої сталі та мають по дев'ять зубців у насосів НШ–50, НШ–100 і по десять у насосів НШ–160, НШ–250.

Цапфи шестерень насосу обертаються у підшипниковій 5 та підтискній 13 обоймах, що виконані у вигляді напівциліндрів, зовні яких на одному із торців виконано широку фаску О, що обернена до дна насосу, а на іншому – вузьку, обернену до кришки. Кожна з обойм виконана таким чином, що служить однією опорою для всіх цапф шестерень. Підшипникова обойма виконана з алюмінієвого сплаву АМО–7–3 з зовнішнім діаметром на 0,03 – 0,05 мм більше діаметра циліндричної проточки в корпусі для створення жорсткого упора між корпусом та крилами обойми з метою стабілізації міжосьової відстані проточок під опори шестерень. Підтискна обойма 13 має в середині напівкруглі виточки В під цапфи та виточки під шестерні. Крім того, тут є два паралельних паза Ж шириною по 12 мм для встановлення торцевих платиків 7. Пластики 7 являють собою пластинки, виготовлені з бронзи ОЦС–5–5, однакових розмірів з круговими вирізами.

Щоб розвантажити насос в платиках 7 виконано косі отвори Д з розточкою діаметром 6 мм і на глибину 2 мм, по яких рідина з замкнутого об'єму відводиться в зону високого тиску. Круглий насос відрізняється від інших тим, що замість чотирьох втулок в корпус вставляють дві обойми і зона високого тиску має значно менший об'єм, що обумовлює такі його переваги: постілі підшипників ковзання виконані моноблоком за одну розточку, тому усувається можливість появи перекосів; зменшена зона високого тиску, що значно розвантажує корпус; забезпечено автоматичну компенсацію осьових (торцевих) та радіальних зазорів по мірі зносу деталей, що труться; допускається можливість секційного використання при одному приводному валі; досягнуто високу

надійність роботи, обумовлену малою кількістю деталей та простою конструкцією ущільнення; отримано можливість підвищити робочий тиск рідини до 21 МПа; значно збільшено жорсткість конструкції за рахунок виведення приводного валу насоса через дно корпусу, а не через кришку [1].

Враховуючи те, що насоси модифікації НШ–К знаходять широке застосування в конструкціях гідравлічних систем в зв'язку з високими показниками довговічності в умовах експлуатації, розглянемо більш детально ці показники. В процесі експлуатації гідравлічних насосів виникають відкази в їх роботі, це пояснюється тим, що насоси працюють в тяжких умовах. При цьому під дією різних процесів і факторів змінюються в часі їх характеристики.

Аналіз експлуатації машин, оснащених гідравлічними насосами типу НШ-К показує, що близько 30 % всіх відказів машини припадає на вихід з ладу насосу [2]. Аналіз причин, які обумовлюють втрату роботоздатності, показує, що вони викликані порушенням технології виготовлення деталей, їх складанням, не своєчасним і не якісним проведенням технічних обслуговувань та порушенням правил експлуатації насосів.

Аналіз даних спостережень за тракторами в експлуатаційних умовах та аналіз причин відмов свідчить, що конструктивні, технологічні та експлуатаційні фактори складають відповідно – 10, 30 та 60 % відказів. Також на довговічність гідравлічних насосів в умовах експлуатації впливають характер навантаження та режим роботи. Довговічність насосів в багатьох випадках залежить від фізико-механічних властивостей робочої рідини. При роботі гідросистем на робочу рідину діє зміна високих тисків, швидкостей та температур. Також при негерметичності системи відбувається підсос повітря з пилом, при заправці в систему потрапляє пил, різноманітні механічні забруднення та вода [3].

До джерел, які обумовлюють забруднення слід віднести: технологічні забруднення, що потрапляють до агрегатів в процесі їх виготовлення та ремонту; забруднення, що потрапляють при транспортуванні, зберіганні та заправці робочої рідини; продукти зносу деталей агрегатів [3]. В наслідок взаємодії робочої рідини з поверхнями деталей гідравлічних насосів виникають різноманітні види зносу.

На деталях гідроагрегатів можуть виникати такі ж зноси, як і на деталях інших вузлів та агрегатів, але окремі види зносу деталей характерні тільки для гідроагрегатів [4,5].

До основних видів зносу гідравлічних насосів та їх деталей можна віднести: абразивний, зчеплення поверхонь, зминання, ерозійно-кавітаційний, втомлювальний, корозійний та інші [3]. Кавітація – це виникнення в робочій рідині бульбашок, наповнених паром, повітрям. В умовах кавітації, крім ударів, діють фізико-хімічні фактори, які прискорюють руйнування металу. Кавітація починається тим раніше, чим більше

повітря та твердих частинок міститься в робочій рідині. Зчеплення як правило виникає при граничному або сухому терті, що викликане внаслідок грубої обробки деталей та незадовільного складання при ремонті та виготовленні гідронасосів. Корозія виникає в результаті потрапляння в агрегати з робочою рідиною води, кислот, палива. Змінання відноситься до механічного зносу та є характерним для стикових поверхонь, таких як платики. Поломки як правило виникають при втомлювальному руйнуванні від дії змінних навантажень на деталі в результаті перевантажень, зчеплення, гідродударів.

**Висновки.** Експлуатаційний досвід показав, що для гідропривода найбільшими є втрати від поступових відмов, тобто зношування деталей під час роботи і втрати вузлом своїх початкових параметрів. У переважній більшості зношування гідросистем пов'язане з їх забрудненням. Забруднення можуть бути у вигляді твердих, рідких і газоподібних включень. Кожне з них може значною мірою впливати на зношування деталей. У подальшій роботі планується дослідити методи підвищення зносостійкості деталей гідравлічного насосу типу НШ-К.

#### **Список використаних джерел**

1. Посвятенко Е.К., Кропівний В.М., Посвятенко Н.І., Русских В.В. Ремонт шестеренних насосів гідросистем дорожніх машин. *Збірник наукових праць ХНАДУ*. Харків. 2008. Випуск 38. С. 122–136.
2. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ В.Я. Чабанний та ін.; під ред. В.Я. Чабанного. Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. 720 с.
3. Закалов О.В., Закалов І.О. Основи тертя і зношування в машинах: навч. посіб. Тернопіль, Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. 322 с.
4. Дідур В.В., Паніна В.В., В'юник О.В. Спосіб підвищення післяремонтної довговічності шестеренних насосів. *Праці тдату*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 110 – 117.
5. В'юник О.В., Дідур В.В., Паніна В.В., Дашивець Г.І. [Теоретичні підходи застосування різних присадок при обкатуванні гідромашин](#) *Науковий вісник ТДАТУ* Мелітополь, 2020. Вип. 10, т. 1. С. 206 – 215.

УДК 620.1

## ОСОБЛИВОСТІ РОТОРНИХ ДВИГУНІВ

Восков А.С. студент

Мілаєва І.І., ст. викладач,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Роторний двигун конструктивно простіше поршневого. У поршковому моторі енергія згорання паливоповітряної суміші спочатку перетвориться в зворотно-поступальний рух поршневої групи, а вже потім в обертання колінчастого вала. У роторному ж двигуні це відбувається без проміжної ступені, а значить, з меншими втратами. У роторному моторі здійснюються ті ж цикли, що і в чотиритактному поршковому агрегаті: впуск, стиснення, робочий такт і випуск.

В такому двигуні роль поршня грає сам ротор. Ротор обертається по планетарному типу навколо центральної осі - статора. Встановлений на валу ротор жорстко з'єднаний з зубчастим колесом, яке входить в зачеплення з нерухомою шестернею - статором. Діаметр ротора набагато перевищує діаметр статора, незважаючи на це ротор із зубчастим колесом обкатується навколо шестерні. Циліндром служить статор, що має форму епітрохоїди, і коли ущільнення ротора рухаються по поверхні статора, утворюються камери, в яких відбувається процес згорання палива. За один оборот ротора такий процес відбувається тричі, а завдяки поєднанню форм ротора і статора число тактів таке ж, як у звичайного ДВЗ: впускання, стиснення, робочий хід і випуск.

У роторного двигуна немає системи газорозподілу - за газорозподільний механізм працює ротор. Він сам відкриває і закриває вікна в потрібний момент. Ще йому не потрібні балансирні вали, двосекційний двигун по рівню вібрацій можна порівняти з багатоциліндровими ДВЗ. Однією відмінністю робочого циклу роторного двигуна від робочого циклу поршневого двигуна є зрушення моменту максимального виділення тепла в камері згорання на лінію розширення після проходження верхньої мертвої точки.

Найважливішими перевагами РПД порівняно з традиційними поршковими бензиновими моторами є:

- можливість споживати низько октановий бензин;
- менша на 35...40 % кількість деталей;
- менша маса і габарити;
- мала питома маса за високої питомої потужності.
- низький рівень вібрацій, РПД повністю механічно зрівноважений, що дозволяє підвищити комфортність легких транспортних засобів типу мікроавтомобілів, моток арів ;



- відмінні динамічні характеристики.
- Недоліки:
  - щоб перейти на випуск РПД треба замінити переважна більшість обладнання;
  - неможливо РПД виробляти на площах, які призначені для випуску традиційних ДВЗ;
  - висока витрата масла через мастила "на прогар";
  - процес згоряння неефективний, отже - підвищення токсичності відпрацьованих газів і витрати палива.
  - менша економічність на низьких оборотах в порівнянні з поршневими ДВЗ.
  - схильність до перегріву.

### ***Список використаних джерел***

1. Мілаєва І.І., Волошин А.А. Разновидности двигателей внутреннего сгорания. Праці ТДАТУ. Мелітополь. Вип.18. Т.2, 2018. С. 207-216
2. Мілаєва І.І. Сравнение преимуществ и недостатков бензиновых и дизельных двигателей. Праці ТДАТУ. Мелітополь. Вип.15. Т.3, 2016. С. 186-191

## **УДК 620.1**

### **ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ КАРБЮРАТОРНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ**

Діоба А.Д. студентка,  
Мілаєва І.І., ст. викладач  
*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

У найбільше промислово розвитих країнах швидкими темпами розвивається транспортне двигунобудування і, насамперед, автомобільне. Обсяги виробництва автомобілів в основних країнах-виробниках безупинно збільшуються, перевищивши 30 млн. одиниць у рік. Крім того, постійно підвищуються вимоги до паливної економічності, масогабаритних показників, потужності, надійності і ресурсу двигунів. Жорсткий контроль за дотриманням законодавчих обмежень токсичних викидів змушує виробників двигунів шукати адекватні технічні рішення. Хоча основні напрямки підвищення показників і, у першу чергу, поліпшення екологічних показників, відносяться до всіх типів ДВЗ,

групу, що лідирує, складають автомобільні двигуни, для яких екологічні вимоги набули особливу гостроту.

### **1. Основні напрямки підвищення термічного ККД**

#### **1.1. Подальше удосконалювання систем запалювання**

Зокрема, це досягається шляхом застосування катушки запалювання, об'єднаної зі свічею, індивідуальною для кожного циліндра («Nissan»), і шляхом використання електронних систем запалювання.

#### **1.2. Підвищення ступеня стиску від 10 до 14 і його регулювання**

Зміна ступеня стиску може здійснюватися шляхом нахилу індивідуальних головок циліндрів на кут  $4^\circ$  щодо циліндрів і змінюванні при цьому робочого об'єму

#### **1.3. Підвищення швидкостей згоряння і спалювання бідних сумішей**

З цією метою оптимізується рух зарядів у камері згоряння, що дозволило збільшити швидкість згоряння і підвищити ступінь стиску. При роботі двигуна на режимі повного навантаження і холостого ходу системи сумішоутворення й очищення відпрацьованих газів (ВГ) переводяться на режим роботи з коефіцієнтом надлишку повітря  $\alpha = 1,0$ , тобто, нейтралізатор працює за схемою потрійної дії. На режимах часткових навантажень системи  $\alpha = 1,5$  і нейтралізатор працює в якості окисного, тому що вміст  $\text{NO}_x$  у ВГ не перевищує припустимих норм.

### **2. Зниження механічних втрат шляхом:**

- застосування легких матеріалів, що дозволяють зменшити на 30–50% масу деталей, що рухаються;
- переходу на двокільцеві поршні;
- оптимізації елементів рухливих сполучень циліндро-поршневої групи, у тому числі з застосуванням більш ефективних покриттів поршнів й поршневих кілець;
- удосконалювання моторних масел.

### **Список використаних джерел**

1. Мілаєва І. І. Сравнение преимуществ и недостатков бензиновых и дизельных двигателей. Праці ТДАТУ. Мелітополь. Вип.15. Т.3, 2016. С. 186-191

УДК 631.3

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМЕНТІВ З ОЦІНКИ  
ЗНОСУ ШЕСТЕРЕННИХ НАСОСІВ**Паніна В.В.<sup>1</sup> к.т.н.В'юник О.В.<sup>1</sup>, інж.Дідур В.В.<sup>2</sup> к.т.н.<sup>1</sup>*Таврійський державний агротехнологічний університет імені  
Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*<sup>2</sup>*Уманський національний університет садівництва, м. Умань,  
Україна*

**Постановка проблеми.** Важливим резервом підвищення ефективності використання мобільних машин, які оснащені гідравлічними системами є відновлення зношених деталей, яке характеризується комплексом операцій по відновленню справного або працездатного стану деталей та технічного ресурсу.

Щорічно через несправності і знос простоює від 10 до 40% машин та устаткування. Застосування прогресивних технологій при ремонті зношених деталей в 4-6 разів скорочує кількість операцій в порівнянні з їх виготовленням, в 20-30 разів знижує витрату матеріалів, а собівартість відновлення і зміцнення багатьох деталей становить 60-80% від собівартості виготовлення нових, що вкрай важливо в умовах економії сировини, паливно-енергетичних, матеріальних і трудових ресурсів [1].

**Основна частина.** З метою підвищення ефективності використання мобільних машин, які оснащені гідравлічними системами, необхідне відновлення зношених деталей. Воно характеризується комплексом операцій по відновленню справного або працездатного стану деталей та технічного ресурсу.

Для отримання відомостей про технічний стан шестеренного насосу необхідно розробити методику перевірки, яка дозволить експериментальним чином визначити необхідність в відновленні зношених деталей.

Насамперед необхідно дослідити технічний стан деталей шестеренних насосів, які поступають в ремонт, і їх вплив на роботоздатність гідравлічної системи. Повну картину про характер зношування можна одержати, використовуючи дані дослідження, отриманні вимірюванням. Отримання цих даних дозволяє визначити вплив відхилень основних параметрів розмірних ланцюгів на зношення і дефекти основних деталей у виробничих умовах [2, 4-6].

Для проведення вимірювань було розроблене робоче місце, яке оснастили пристосуваннями й вимірювальним інструментом. Для об-

рання засобів вимірювання визначали їх метрологічні і економічні показники, також враховували похибку при вимірі.

Вимірювали шестерні, платики, підшипникові обойми гідравлічних шестеренних насосів. Спочатку провели стендовий вхідний контроль, з цією метою насоси розбирали, промивали в мийній машині й просушували. Для знеособлення з'єднання маркірували положення в зачепленні шестерень, верхній і нижній платики відповідно до їхнього місця розташування, що дозволяє більш вірогідно визначати фактичне зношування й зазори в парах.

Перелік вимірювальних інструментів, які використовуються в дослідженнях [7, 8]:

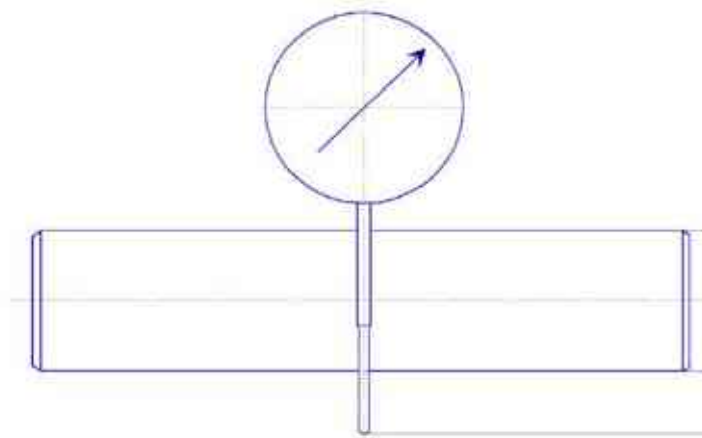
- для цапф шестерень, ширини торців шестерень насоса НШ-50А – важільний мікрометр МРП - 25-50 ГОСТ 11098-75 з точністю виміру 0,001 мм;

- для платиків, ширини торців зубів насоса НШ-32А - важільний мікрометр МРП - 0-25 ГОСТ 11098-75 з точністю виміру 0,001 мм;

- для пазів під платики - індикаторний нутромір 10-18 ГОСТ 868-82 з точністю індикаторної головки 0,002 мм;

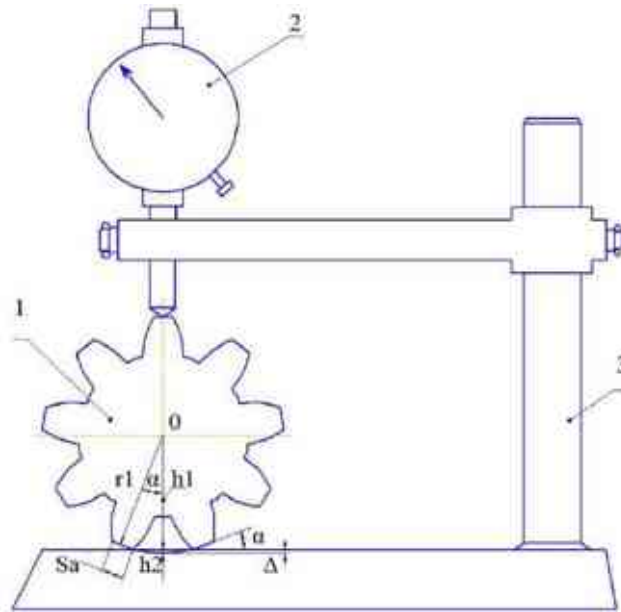
- радіус посадкових місць під зуби шестерні - пристосування, зроблене В. Е. Черкуном [3] з точністю індикаторної головки 0,001 мм (рис. 1);

- зовнішній діаметр шестерень - за допомогою індикаторного столика з індикаторною голівкою точністю до 0,001 мм (рис. 2).



**Рис. 1. Прилад для визначення радіуса колодязів напівобойми**

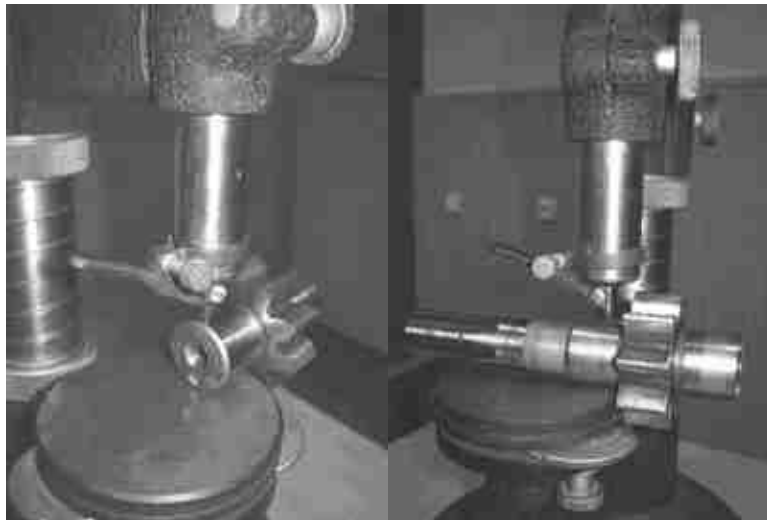
Застосування столика з індикаторною голівкою для визначення зовнішнього діаметра шестерень пов'язано з тим, що шестерні мають непарне число зубів ( $Z=9$ ), що не дає можливості проводити виміри за допомогою важільної скоби.



**Рис. 2. Схема виміру шестерні**

1 – шестерня; 2 – стійка; 3 – індикаторна голівка

Вимірювання цапфи шестерень проводились у двох взаємно перпендикулярних площинах для визначення овальності і у двох перетинах для визначення конусності (рис. 3).



**Рис. 3. Вимірювання цапф шестерень в двох площинах та двох перетинах**

В процесі вимірювались внутрішні цапфи і зовнішні цапфи. По кожній цапфі проводили по чотирьох вимірах. Ширину торця шестерні вимірювали по кожному зубу по окружності в 9-ти положеннях і знаходилося максимальне й мінімальне значення. В 9-ти положеннях визначали і зовнішній діаметр шестерні по кожному зубу й у двох перетинах і знаходили мінімальне й максимальне значення.

Платики вимірювали у двох положеннях – товщина зношеної і не зношеної поверхні (рис. 4).

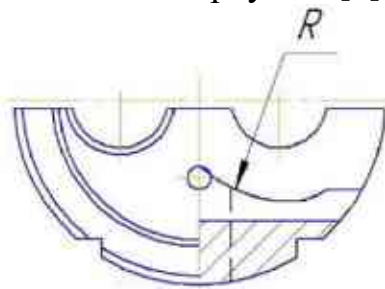




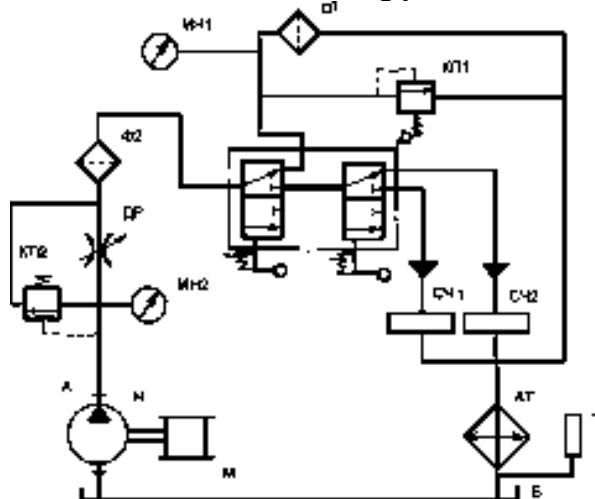
**Рис. 4. Контроль розміру товщини платика**

Підшипникову обойму вимірювали (радіуси колодязів  $R$ ) (рис. 5) у двох площинах для визначення конусності.

Для визначення радіуса колодязя обойми під шестірні використовували прилад, розроблений В. Е. Черкуном [3].



**Рис. 5. Схема виміру обойми**



**Рис. 6. Принципова гідравлічна схема стану КИ-4815**

АТ – пристрій охолоджуючий; Б – бак; ДР – дросель; КП1, КП2 – запобіжні клапани; М – електромотор; МН1, МН2 – монometri; Н – насос, який досліджується; Р – розподілювач; СЧ1, СЧ2 – лічильники витрати рідини; Т – термометр; Ф1, Ф2 – фільтри. Приєднувальні отвори: А – гідросистеми стану; В – всмоктуючого патрубку бака

Для отримання повної інформації по шестеренному насосу визначали об'ємний коефіцієнт подачі виявляли за фактичною подачею насосу, яка визначається експериментальним шляхом за допомогою стенду КИ-4815М (рис. 6) за відомими методиками.

Після проведення вимірів необхідно провести первинну обробку даних, підраховувати показники зношування зовнішніх діаметрів шестерень, торців і цапф шестерень, пластиків, обойм, а також визначити зазори в з'єднаннях.

**Висновки.** Розроблена методика проведення мікрометражу деталей качаючого вузла й визначення об'ємного коефіцієнта подачі шестеренного насоса марки НШ-К.

### *Список використаних джерел.*

1. Дирда В. І., Мельянцева В. І., Кириленко О. І. [та ін.] Ремонт машин та обладнання. Навчальний посібник. Дніпропетровськ: «Герда», 2015. 306 с.

2. M. Hashim, M. Amamath, S. Swamamani, C. Sujatha. Diagnosis of gear wear by experimental and theoretical approach. January 2005. [https://www.researchgate.net/publication/289665017\\_Diagnosis\\_of\\_gear\\_wear\\_by\\_experimental\\_and\\_theoretical\\_approach](https://www.researchgate.net/publication/289665017_Diagnosis_of_gear_wear_by_experimental_and_theoretical_approach)

3. Черкун В. Е. Ремонт тракторных гидравлических систем. М.: Колос, 1984. 253 с.

4. Дідур В.В., Паніна В.В., В'юник О. В. Спосіб підвищення післяремонтної довговічності шестеренних насосів. Праці Таврійського ДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. 19, том 4. С.110-117.

5. Дідур В.В., Паніна В.В., В'юник О.В. Підвищення довговічності шестеренних насосів. Матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції 01-24 квітня 2020 р. Мелітополь, 2020.

6. В'юник О.В., Дідур В.В., Паніна В.В., Дашивець Г.І. Теоретичні підходи застосування різних присадок при обкатуванні гідромашин Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, 2020. Вип. 10, т. 1. С. 206–115.

7. Паніна В.В., В'юник О.В., Дашивець Г.І., Журавель Д.П. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання: навч.-метод. посіб. до лабораторного практикуму для самостійної роботи. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. – 84 с.

8. Паніна В.В. Електронний посібник «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Навчально-методичний посібник до лабораторного практикуму для самостійної роботи». [http://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/tsapk\\_5/](http://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/tsapk_5/)

УДК 631.514: 53.043

## РЕМОНТ ТА ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДИСКОВИХ БОРІН

Герук С.М., к.т.н, доцент, ст.н.с.

Руденко В.Г.,

Бучко І.О.,

*Житомирський агротехнічний коледж, м. Житомир, Україна*

**Постановка проблеми.** З розвитком галузі рослинництва і впровадженням нових засобів механізації виробництва сільськогосподарських культур виникає необхідність постійного удосконалення робочих органів ґрунтообробних машин. Сучасне виробництво використовує ґрунтообробну техніку різних фірм, як зарубіжного так і вітчизняного виробництва. Досвід експлуатації такої техніки показує, що робочі органи дискових ґрунтообробних машин постійно зношуються в наслідок роботи в агресивному середовищі – ґрунті. Аналізуючи роботу робочих органів дискових ґрунтообробних машин в середовищі ґрунту можна прийти до висновку, що абразивне зношування, динамічне навантаження, хімічна дія навколишнього середовища є найбільшими факторами зниження показників експлуатаційних властивостей, що зменшують форму, розміри та їх ресурс.

Величезна кількість досліджень науковців в цьому напрямі показала, що різноманітні способи у збільшенні ресурсу робочих органів дискових ґрунтообробних машин та забезпеченні їх довговічності шляхом: наплавлення зносостійких матеріалів, гартування, електроерозійна обробка, електрофізичний метод та точкового та лазерного електроконтактного зміцнення і багато інших суттєво не збільшують їхнього ресурсу. Проте ці розглянуті методи не дають в повній мірі можливості забезпечити довговічності дискових робочих органів ґрунтообробних машин з використанням ефекту самозагострювання.

Метою роботи є розробка способу ремонту і зміцнення робочих органів дискових борін.

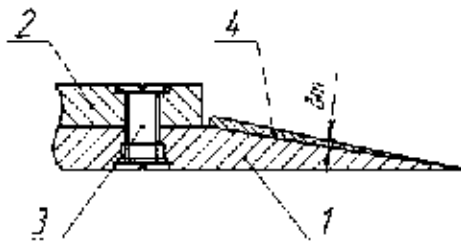
**Основні матеріали дослідження.** Завданням дослідження є розроблення способу ремонту робочої поверхні дисків борін, що забезпечить підвищену міцність утримання зубів на диску; достатньо високу продуктивність та якість відновлення дисків; високий наробіток на відмову з порівняно низькою собівартістю відновлення диска з нанесенням спеціальних матеріалів і зміцненням їх карбовібродуговим методом, який дозволить збільшити ресурс робочих органів та забезпечить реалізацію ефекту самозагострювання.

Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що при здійс-

ненні способу ремонту робочої поверхні дисків, при якому підготовлюють заготовки за формою зуба та кількістю зубів, що необхідно відновити, встановлюючи спрацьовані диски та зуби в шаблон, що забезпечує задані геометричні розміри відреставрованого диска з напуском на поверхню спрацьованих дисків. Причому проводять попереднє заточування і поверхневе зміцнення зовнішньої поверхні робочих кромek зубів. Технологія зміцнення включає в себе: зачистка ріжучої кромки, приготування пасти та її нанесення, зміцнення за допомогою карбовібродугового методу ріжучої кромки. Вказане завдання можна вирішити за умови, що поверхневе зміцнення проводиться наплавленням високозносоустійких металокерамічних елементів, в яких містяться консолідовані сплави, що являють собою тверді розчини (карбіди), оксид алюмінію  $Al_2O_3$ , з речовинами, що містять азот та криоліт  $Na_3AlF_6$ , що покращує якісне і стабільне горіння дуги.

Карбовібродугове зміцнення проводять з використанням графітового електроду і композиційних металокерамічних паст на таких режимах: сила струму - 70..80А, напруга - 55...60В, частота вібрації графітового електроду - 25...50Гц. Вібрація електроду дозволяє отримати більш щільніше і міцніше покриття.

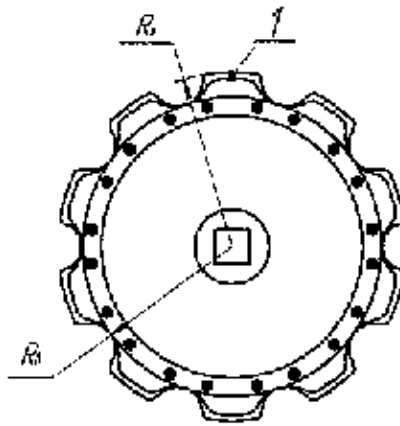
При даному зміцненні утворюється зносоустійка поверхня на більш в'язкому матеріалі основи робочих органів. При взаємодії двошарового леза з ґрунтом знос кожного шару залежить від зносоустійкості матеріалу. Більш твердий шар зношується менш інтенсивно і відповідно виступає вперед утворюючи ріжучу кромку леза, тобто сприяє реалізації ефекту самозагострювання. Матеріал основи із-за своїх більш в'язких властивостей запобігає викришуванню зубів при взаємодії робочої поверхні з ґрунтом.



**Рис.1. Переріз зуба з внутрішнім нанесенням зміцненого шару скріпленого болтовим з'єднанням**

Відновлений диск борони містить спрацьований диск 2, зуби 1, що прикріплені до останнього за допомогою болтового з'єднання 3. Спрацьований диск 2 повинен мати діаметр за впадинами не менше мінімально можливого. Крім того, зуби на спрацьованому диску встановлені з забезпеченням діаметра. Кожен зуб має поверхню контакту з поверхнею спрацьованого диска 2, а також твердий шар 4.

Як бачимо зміцнена поверхня зуба 1, повинна мати товщину  $\delta_t$ , яка залежить від допустимого радіусу затуплення ріжучої кромки. Товщина несучого шару повинна бути мінімально допустимою.



**Рис. 2. Відновлений диск борони**

Довжина зміцненого шару залежить від висоти зуба. Висоту зуба в свою чергу можна визначити, як різницю зовнішнього  $R_3$  і внутрішнього  $R_B$  діаметру диска. Твердість зміцненого шару залежить від твердості несучого шару та від абразивних властивостей ґрунту. Попередньо проводять дефектацію спрацьованих дисків за мінімально можливим діаметром зношеної поверхні, для чого використовують універсальний калібр.

Ремонтні зуби виготовляють штампуванням, що мають геометричну форму ідентичну, що є на новому диску. Зуби прикручують до спрацьованого диска 2, болтовим з'єднанням, що дає підвищену міцність кріплення зубів.

**Висновки.** Запропонований спосіб ремонту робочої поверхні дисків борін забезпечує високу якість відновлення, а саме: диск відновлений даним способом має підвищену зносостійкість до спрацювання; продуктивність відновлення підвищується за рахунок виключення з технологічного процесу таких операцій, як зварювання. Також ліквідується негативний ефект затуплення ріжучої кромки за рахунок наплавлення високозносостійких елементів на поверхню зубів. Це пояснюється тим, що зуб відновленого диска має двошарову структуру з твердим шаром.

#### **Список використаних джерел**

1. Пат. 39115 Україна, МПК (2009) A01B23/00. Спосіб відновлення робочих поверхонь дисків важких борін / С. М. Герук, В. О. Нечипоренко; заявник - Державний агроекологічний університет - u200809111; заявл. 11.07.2008; опубл. 10.02.2009, бюл. № 3/2009

2. Пат. 123598 Україна, МПК (2018.01) A01B23/00. Спосіб зміцнення дискових робочих органів борін, плугів та комбінованих машин / В.Г. Руденко, С.М. Герук,; заявник – Руденко В.Г. u201711273; заявл. 20.11.2017; опубл. 25.02.2018, бюл. № 4/2018

3. Бора́к К.В. Підвищення зносостійкості робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь методом електроерозійної обробки: автореф. дис.канд.техн.наук: спец. 05.02.04 «Тертя та зношування в машинах» / К.В. Бора́к. Житомир. 2012. 19 с.



УДК 621.43 – 044.6

**ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ ДВИГУНА**

Дідур В.В., к.т.н.,

Мотельчук М.М., 21М-ІМ група

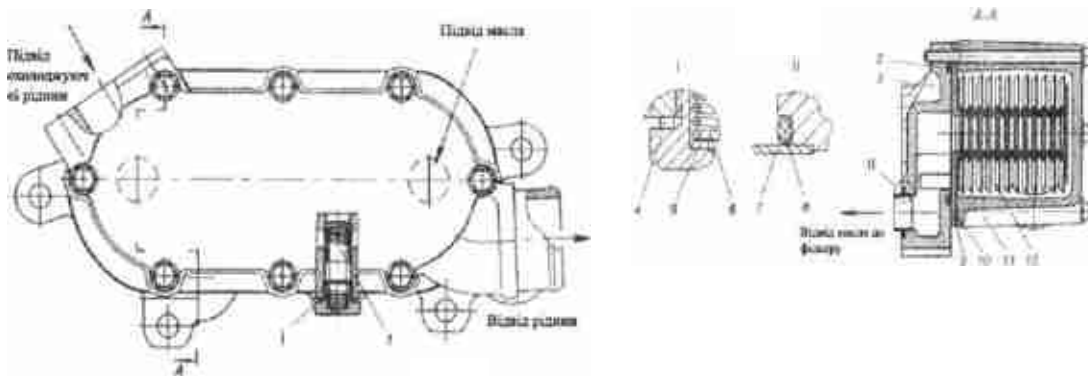
Уманський національний університет садівництва, Умань, Україна

**Постановка проблеми.** Дизельні двигуни встановлені на тракторах, експлуатуються в різних кліматичних умовах, тобто вони працюють при різних температурах оточуючого середовища і вологості повітря. Двигун працює нормально тільки при певному тепловому режимі. При перегріванні циліндрів та поршнів підвищується їх зношуваність через вигорання мастильного матеріалу. Зменшуються зазори внаслідок теплового розширення в з'єднаннях. Знижується потужність через погіршення наповнення циліндрів. При експлуатації двигун повинен мати постійну температуру в межах 85 - 95°C, що буде сприяти мінімальному зносу двигуна і економічній витраті палива.

**Основні матеріали дослідження.** Система охолодження двигуна може бути повітряною чи рідинною. Двигуни з повітряним охолодженням мають меншу масу, ніж двигуни з рідинним охолодженням, простіші в експлуатації, менш чутливі до температури повітря навколишнього середовища, але значно більшого поширення в наш час набула рідинна система охолодження. Вона має ряд переваг порівняно з повітряною: створення більш сприятливого теплового режиму для деталей двигуна; можливість виготовлення деталей двигуна з порівняно недорогих матеріалів; двигуни при роботі створюють менше шуму за рахунок наявності подвійних стінок (сорочки) і шару охолоджуючої рідини. Охолоджуюча рідина циркулює усередині (або навколо) охолоджуваних елементів двигуна. Після її нагрівання внаслідок безпосереднього контакту з гарячими частинами двигуна охолоджуюча рідина подається насосом у радіатор для охолодження, а потім знову надходить у двигун. Рідинна система охолодження складається з сорочки охолодження блоку циліндрів двигуна й головки блоку, радіатора і його вентилятора, датчиків температури, насоса охолоджуючої рідини, розширювального бачка, з'єднувальних шлангів, радіатора нагрівача салону, певної кількості охолоджуючої рідини, інших елементів, наявність яких залежить від комплектації автомобіля [1]. З появою комп'ютерних систем керування роботою двигуна була розроблена система централізованого управління температурою охолоджуючої рідини. Ця система обробляє дані, що надходять від датчика температури охолоджуючої рідини, встановленого на блоці циліндрів двигуна. За сигналом від да-

тчика комп'ютер приводить в дію електроventильатор з малою або великою частотою обертання.

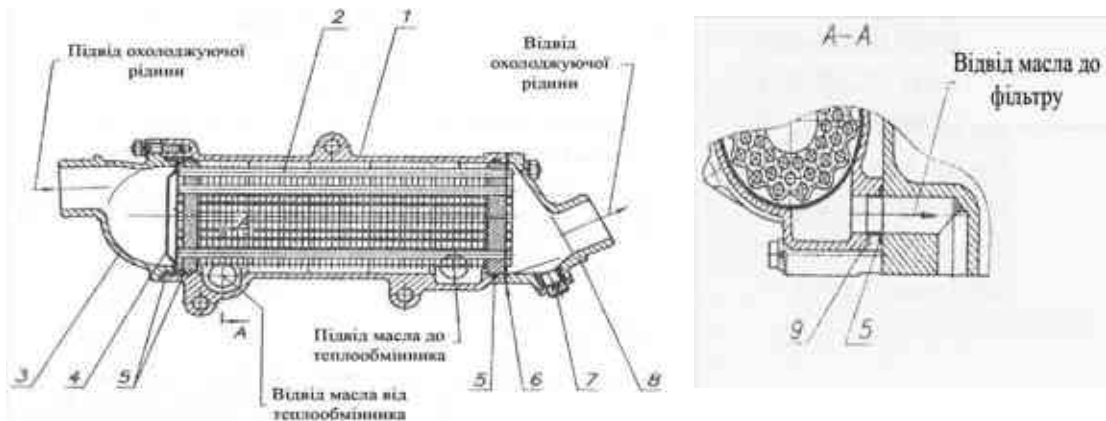
Рідинний масляний теплообмінник (РМТ) встановлюється на двигуни ЯМЗ-236НЕ, НЕ2, БЕ, БЕ2 усіх комплектацій, призначений для підтримки оптимального рівня температури масла системи мащення двигуна і кріпиться до блоку циліндрів з лівого боку двигуна. Двигуни можуть комплектуватися РМТ пластинчастого (рис. 1) або трубчастого типів (рис. 2) [1,2].



**Рис. 1. Рідинно-масляний теплообмінник пластинчастого типу:**

1 – клапан перепускний; 2,8 – кільце-ущільнювач; 3 – корпус; 4 – шайба регулювальна; 5 – прокладка регулювальна; 6 – пружина; 7 – втулка; 9 – фланець; 10 – прокладка; 11 – корпус; 12 – секції.

РМТ трубчастого типу (рис. 2) складається з корпусу 1, теплопередаючого елемента 2, передньою 3 і задньою 8 кришок.



**Рис. 2. Рідинно-масляний теплообмінник:**

1 – корпус; 2 – теплопередаючий елемент; 3 – кришка передня; 4 – сітка захисна; 5 – кільця ущільнювачів; 6 – прокладка; 7 – пробка зливна; 8 – кришка задня; 9 – втулка

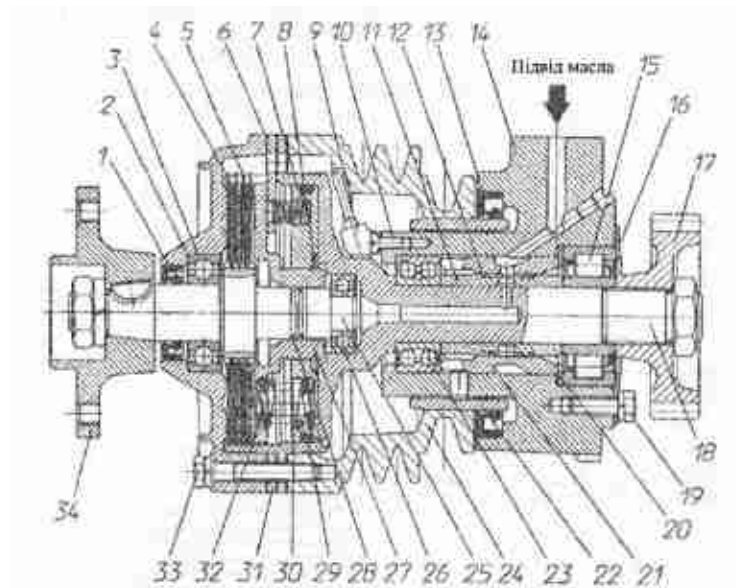
На вході в трубки теплопередаючого елемента встановлена захисна сітка 4. Теплопередаючий елемент 2 і передня кришка 3 ущільнюються гумовими кільцями 5. Задня кришка 8 ущільнюється прокладкою

6. У задній кришці 8 встановлюється пробка 7 для зливу охолоджувальної рідини з двигуна.

Теплообмінник встановлюється на лівій стороні блоку циліндрів із забезпеченням підведення і відведення олії через спеціальні канали. При цьому ущільнення стику між РМТ і блоком циліндрів здійснюється гумовими кільцями 5, встановленими на втулках 9 (див. розріз А-А). Підведення і відведення охолоджувальної рідини здійснюється через патрубки кришок 3 і 8 теплообмінника.

ВАТ «Автодизель» перейшов на комплектування двигунів ЯМЗ, що відповідають вимогам Євро - 1 і Євро - 2 приводами вентилятора, обладнаними електромагнітним вмикачем (рис. 3).

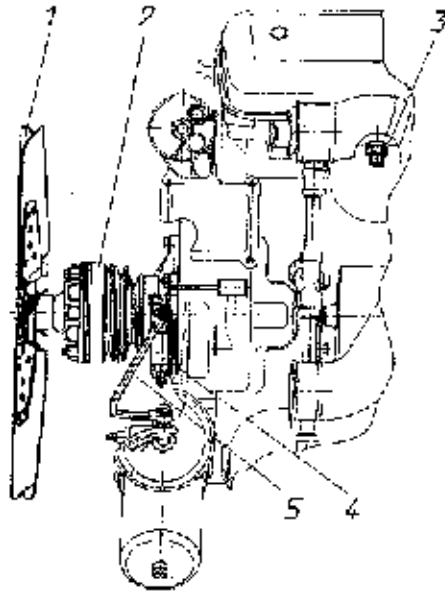
Особливості роботи електромагнітного вмикача полягають в тому, що від термореле, розташованого на правому водяному колекторі, поступає електричний сигнал до електромагнітного клапана, який встановлюється безпосередньо на корпусі приводу вентилятора і управляє вступом масла в муфту приводу. З'єднання клапана з корпусом ущільнюється паронітовою прокладкою [2,3].



**Рис. 3. Привід вентилятора:**

1 – манжета; 2 – кришка; 3 – підшипник; 4 – диск ведений; 5 – диск ведучий; 6 – прокладка; 7 – пружина відтискна; 8 – кільце упірне; 9 – трубка; 10 – гвинт; 11 – втулка розпірна; 12, 28, 29 – кільце-ущільнювач; 13 – манжета; 14 – корпус; 15 – підшипник; 16 – фланець упірний; 17 – шестерня; 18 – вал ведучий; 19 – болт; 20 – шайба; 21 – втулка; 22 – втулка розпірна; 23 – підшипник; 24 – шків; 25 – вал ведений; 26 – підшипник; 27 – обойма натискна; 30 – поршень; 31 – упор поршня; 32 – пружина натискна, 33 – болт; 34 – маточина вентилятора.

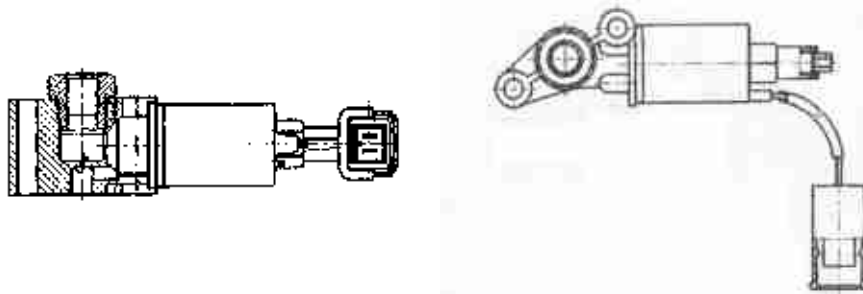
Подача масла до електромагнітного клапана здійснюється від корпусу масляного фільтру через трубку підведення масла 5 (рис.4).



**Рис. 4. Розташування деталей приводу вентилятора з електромагнітним клапаном на двигуні:**

1 – вентилятор; 2 – муфта приводу; 3 – термореле; 4 – електромагнітний клапан; 5 – трубка підведення масла

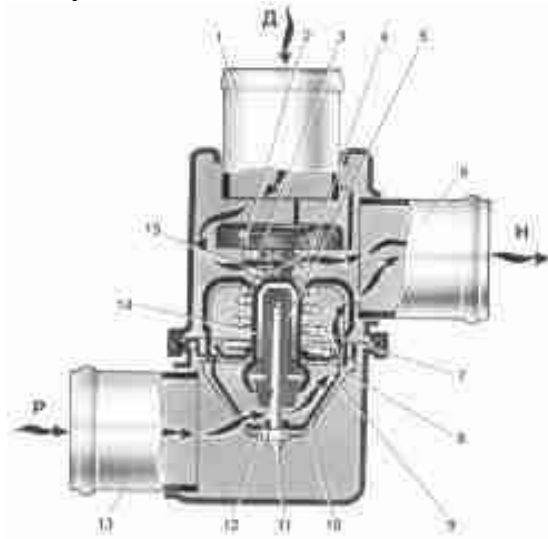
Конструкція електромагнітного клапана (рис. 5) забезпечує необхідний тиск масла при включенні вентилятора, а також передбачає подачу масла, що регламентується, у вимкненому стані через спеціальний жиклер, що самоочищується, для забезпечення мащення підшипників приводу. За відсутності напруги на контактах штекерної колодки електромагнітний клапан знаходиться в закритому положенні. При подачі напруги 24 В клапан відкривається.



**Рис. 5. Клапан електромагнітний КЭМ 32-23**

Для прискорення підігрівання двигуна після пуску та автоматичного підтримання найвигіднішого теплового режиму двигуна під час руху слугує механічний термостат (рис. 6) [3]. Термостат встановлюють у корпусі відвідного патрубку головки циліндрів. Пристрій містить корпус з патрубками підведення охолоджуючої рідини двигуна, відведення на перепуск і радіатор з двома клапанами, встановленими на

штоку, пов'язаних з блоком управління, вхід якого з'єднаний з датчиком температури двигуна.



**Рис. 6. Термостат:**

1 – вхідний патрубок (від двигуна); 2 – перепускний клапан; 3 – пружина перепускного клапана; 4 – стакан; 5 – гумова вставка; 6 – вихідний патрубок; 7 – пружина основного клапана; 8 – сідло основного клапана; 9 – основний клапан; 10 – тримач; 11 – регулювальна гайка; 12 – шток; 13 – вхідний патрубок (від радіатора); 14 – наповнювач; 15 – обойма; Д – вхід рідини від двигуна; Р – вхід рідини від радіатора; Н – вихід рідини до насосу.

Шток встановлений в порожнині твердого наповнювача, який пов'язаний з термоелектричним елементом (термоелектричним модулем), приєднаних до виходу блоку управління. При роботі двигуна під дією твердого наповнювача і термоелектричного елемента відбувається своєчасне відкриття і закриття клапанів і підтримується задана температура охолоджуючої рідини. Існує також електричний термостат [4,5]. Принципово механічний пристрій такого термостату відповідає звичайному термостату з твердим наповнювачем. Однак додатково в розширювальний елемент вбудований обігрівальний електричний елемент. Цей термостат встановлений в корпусі і має патрубки підведення охолоджуючої рідини двигуна і відведення на перепуск і на радіатор. Крім того, термостат містить датчики температури, навантаження і електронний блок управління. В період прогрівання термостат забезпечує циркуляцію охолоджуючої рідини по малому колу, минаючи радіатор, сприяючи прискоренню прогріву охолоджуючої рідини. При включенні електричного підігріву керуючий елемент термостата забезпечує циркуляцію охолоджуючої рідини по малому колу, минаючи радіатор, в результаті чого відбувається швидкий прогрів та підтримання високої температури охолоджуючої рідини. Температуру рідини контролюють



датчики, за сигналами яких електронний блок управляє роботою термостата. При роботі на номінальних навантаженнях, завдяки підігріву розширювального елемента, відбувається відкриття клапана.

У разі застосування другого термостата на часткових навантаженнях роботи двигуна відбувається паралельна робота електричного і механічного термостатів і в таких навантаженнях температура охолоджуючої рідини контролюється механічним термостатом, при цьому робота електричного термостата припиняється і вимикається споживання електроенергії.

**Висновки.** Електричний термостат дозволяє модернізувати механічний термостат з твердим наповнювачем, за допомогою якого можна цілеспрямовано впливати на температуру охолоджуючої рідини. При часткових навантаженнях підтримується більш висока температура охолоджуючої рідини. При більш високих робочих температурах при часткових навантаженнях досягається краще згоряння, а отже зменшуються витрати палива і викиди шкідливих речовин. При повному навантаженні за допомогою електричного термостата цілеспрямовано встановлюється більш низька температура охолоджуючої рідини. Використання електричного термостата в системі охолодження ДВЗ дозволить поряд з регулюванням по відхиленню температури здійснити додаткове регулювання.

#### *Список використаних джерел*

1. Кисликів В. Ф., Луцик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. 6-те вид. К.: Либідь, 2006. 400 с..

2. Лекція 6. система охолодження двигуна: URL: <http://manualsem.com/book/735-avtotraktorne-ustatkuvannya/13-lekciya-6-sistema-oxolodzhuvannya-dviguna.html>

3. Ковальчук Г.О., Сахно В.П. Основи конструкції автомобіля/ Методичний посібник. Київ: НТУ. 2011. 794с.

4. Електричний термостат: URL: <http://findpatent.com.ua/patent/227/2270923.html>

5. Тімков О.М., Тарануха В.І. Автоматизація управління технічних систем та процесів. Тези доповідей. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція молодих учених та студентів «Актуальні проблеми автоматизації та управління» 15 жовтня 2014 року URL: [http://www.av.lntu.edu.ua/csv/konference\\_2014\\_2.pdf/](http://www.av.lntu.edu.ua/csv/konference_2014_2.pdf/). С.80–85.

УДК 631.3.004.5

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАТРЕБУВАНOSTІ ПОСЛУГ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ В РЕГІОНІ

Дашивець Г.І., к.т.н.

Печерська В.С., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми.** Технічний сервіс – це комплексна послуга споживачеві в придбанні, використанні, обслуговуванні й ремонті засобів механізації в агропромисловому комплексі. У технічному сервісі виділяють основні три складові частини:

1) придбання машин (вивчення попиту, реклама, технічна і торгово-економічна інформація, передпродажна підготовка, доставка);

2) використання машин (оптимізація складу засобів механізації, технологія механізованих робіт, використання транспорту й нафтопродуктів, транспортування, технологічне обслуговування, навчання персоналу);

3) забезпечення роботоздатності машин (гарантійне обслуговування нових та відремонтованих технічних засобів, підтримання їх у технічно справному стані протягом усього періоду експлуатації: ТО й діагностування, ремонт, забезпечення запасними частинами й матеріалами, зберігання, а також утилізація техніки).

Належна організація технічного сервісу в повному обсязі і з належною якістю може забезпечити відчутний економічний ефект: простої машин через несправності скорочуються на 20-30%, витрати запасних частин на 25-30%, витрати паливно-мастильних матеріалів на 8-12% [1]. Метою досліджень було виявлення найбільш значущих і перспективних послуг технічного сервісу, що мають попит у сільськогосподарського виробника.

### **Основні матеріали дослідження.**

Дослідження проводились по Мелітопольському регіону, до якого умовно включені Мелітопольський, Приазовський, Якимівський і Веселівський райони. Загальна площа земель Мелітопольського району складає 90587,7 га, серед них 89243,9 га – сільськогосподарські угіддя (%), в тому числі: 81817,6 га – рілля (92%); 2429,6 га – багаторічні насадження (2,7%); 1075,5 га – сіножаті (1,2%); 3922,8 га – пасовища (4,4%); 544,3 га – ліси (0,6%) [2].

Основна спеціалізація господарств району – це рослинництво. За даними статистичного обліку основні агропідприємства – це селянські фермерські господарства, товариства з обмеженою відповідальністю,

колективні підприємства, приватні господарства. Всі сільськогосподарські підприємства умовно можна поділити на п'ять груп:

1) малі – з площею до 1 тис.га. На їх долю приходиться найбільша кількість господарств (85%), але земельну площу вони займають близько 10%;

2) невеликі – з площею 1–2 тис.га;

3) середні – з площею 2–3 тис.га;

4) з площею 3–4 тис.га;

5) великі – з площею 4–5 тис.га. До цієї групи відноситься 2% господарств.

Невеликі фермерські та селянські господарства частково забезпечені технікою, в основному це міні-трактори та мотоблоки. Підприємства практично не мають власної зернозбиральної техніки, тому винаймають її в оренду. Автомобільний парк цієї групи господарств в основному представляють автомобілі вантажопідйомністю до 1,5 т.

Недостатня забезпеченість сільськогосподарською технікою невеликих господарств спричинює затягування строків проведення робіт і призводить до зменшення врожайності, втрати врожаю культур, ін.

Господарства третьої, четвертої груп хоча і мають в наявності основну техніку, проте до 30% механізованих робіт (обробіток ґрунту, посів і збирання врожаю) здійснюють технікою, яку орендують у великих господарств. Трактори, що використовуються, – в основному універсально-просапні енергетичні засоби тягових класів 0,9 та 1,4. Віковий склад їх складає понад 10 років.

Найбільша кількість техніки зосереджена в великих підприємствах, які для ведення господарської діяльності використовують власний машинно-тракторний парк. Господарства вирощують зернові, технічні культури з достатньо високим рівнем механізації. Для цієї групи характерна фінансова стабільність.

Достатні обсяги виробництва дозволяють господарствам впроваджувати прогресивні технології, купувати нові засоби механізації, в тому числі іноземного виробництва. Тому в господарствах цих груп найбільша кількість нової техніки. Практично кожен рік тут закуповуються нові технологічні комплекси.

В теперішній час комплексного технічного сервісу в країні немає, його необхідно організувати. Технічний сервіс характеризується значним різноманіттям організаційних форм і методів. Проте в основі цього різноманіття лежать загальні принципи, які склались в практиці організації технічного сервісу. Систему підтримання сільськогосподарських машин у роботоздатному стані в загальному вигляді можна поділити на два види: внутрішньогосподарський технічний сервіс, спеціалізований, в т.ч. фірмовий сервіс.

Технічне обслуговування і ремонт техніки в господарствах різних груп характеризується достатньо складним сплетінням використання

послуг підприємств технічного сервісу з самообслуговуванням. Найбільш розповсюдженим методом ремонту техніки після гарантії в господарствах є агрегатний. Відремонтовані вузли, агрегати або нові купують в сервісних підприємствах, а ті, що відмовили, здають за залишковою вартістю. Практично всі види технічного обслуговування техніки господарства здійснюють самостійно, хоча за останні 20 років кількість ремонтних майстерень, пунктів ТО в господарствах значно зменшилась.

Господарства першої, другої груп здійснюють придбання техніки у підприємств, які спеціалізуються на продажі міні-тракторів, мотоблоків та знарядь до них. Такі підприємства здійснюють продаж запасних частин та комплектуючих і пропонують сервісне обслуговування і проведення капітального ремонту проданої техніки. В малих фермерських господарствах в наявності є майданчики, навіси для зберігання та регулювання техніки, бокси для усунення несправностей, складські приміщення.

Господарства третьої групи мають аналогічні виробничі бази, але бокси у них мають більше оснащення для проведення нескладних операцій технічного обслуговування і усунення наслідків відмов. Виконувати складні ремонтно-обслуговуючі дії вони не мають можливості через відсутність спеціального ремонтно-технологічного обладнання. Ці господарства також користуються послугами дилерів техніки.

Своя ремонтно-обслуговуюча база, в основному, є тільки у великих господарствах. До її складу входять ремонтна майстерня або пункти технічного обслуговування, стоянки, гаражі для автомобілів, тракторів, комбайнів. Практично вся ремонтно-обслуговуюча база знаходиться в одному місці, де і зосереджені всі об'єкти. Господарства здійснюють придбання техніки у відомих українських та іноземних дилерів і користуються усіма послугами технічного сервісу, а саме гарантійного обслуговування; придбання запасних частин (після гарантії) для самообслуговування.

Слід відзначити, що навіть ті господарства, в яких є ремонтні майстерні, не мають достатнього оснащення: ремонтно-технологічне обладнання, верстати, пресове, ковальсько-зварювальне обладнання зношене фізично і морально.

Ремонтні підприємства крупних господарств при виконанні ремонтно-обслуговуючих робіт за бажанням споживача використовують різного рівня надійності та якості запасні частини, які при різних варіантах з'єднання не дають реальної гарантії якості проведених робіт.

Сучасне технічне обслуговування і ремонт техніки в господарствах різних груп характеризується поєднанням використання технічного сервісу з самообслуговуванням для досягнення мінімуму витрат на підтримку техніки в роботоздатному стані.

Серед напрямків розвитку технічних послуг у регіоні слід відзначити такі:

- детальний аналіз потреб послуг технічного сервісу;
- вивчення досвіду ремонту машин й лізингу відновленої техніки;
- освоєння перспективних технологічних процесів ремонту: балансування, відновлення швидкозношуваних деталей (робочих органів), шліфування, розточування, ін., застосування полімерів, напилювання;
- вивчення питань утилізації мийних розчинів при постановці на зберігання техніки, в якій використовуються отрутохімікати;
- утилізація техніки; створення технічних обмінних пунктів на базі утилізаційних майданчиків;
- створення пересувної лабораторії для експрес-аналізу стану робочих мастил з метою більш повного використання їх ресурсу.

Для визначення, які з послуг технічного сервісу мають найбільший попит у сільськогосподарського виробника, були проведені попередні дослідження. Первинна інформація збиралась у вигляді анкетування спеціалістів технічного сервісу шляхом ранжирування [3].

Технічний сервіс машин на стадії експлуатації включає послуги:

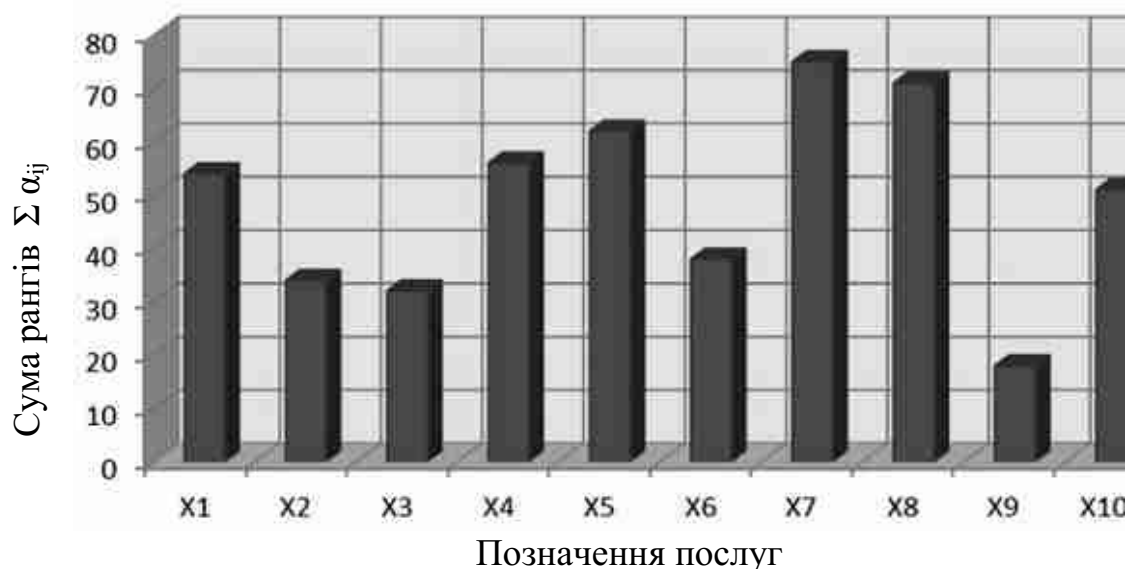
- 1) утилізація машин (позначення  $X_1$ );
- 2) організація використання машин у споживача ( $X_2$ );
- 3) доставка машин до ремонту і з ремонту ( $X_3$ );
- 4) зберігання машин ( $X_4$ );
- 5) технічне обслуговування ( $X_5$ );
- 6) навчання персоналу споживача правилам експлуатації машин ( $X_6$ );
- 7) організація й виконання ремонту машин у гарантійний і після-гарантійний періоди експлуатації ( $X_7$ );
- 8) відновлення деталей ( $X_8$ );
- 9) купівля-продаж зношених, старих машин ( $X_9$ );
- 10) забезпечення споживачів нормативно-технічною документацією й ремонтно-технологічним устаткуванням ( $X_{10}$ ).

Щоб визначити, які з цих послуг мають найбільший попит у сільськогосподарського виробника був застосований метод експертної оцінки необхідності в цих послугах. Записувались думки декількох співробітників технічного сервісу. Процедура ранжирування включала таку послідовність робіт. Спочатку була розроблена анкета, в якій сформульовані основні питання до експерта. Результати заповнення експертами анкет піддаються математичній обробці. Для проведення психологічного експерименту була складена анкета. Згідно заповнених даних був визначений коефіцієнт погодження між спеціалістами (коефіцієнт конкордації). За більш значимий результат приймалось найбільше значення рангу  $i$ -го фактору у  $j$ -го спеціаліста, кожен з яких проставляв значущість впливу наведених послуг в межах від 1-го до 10-ти в порядку зростання.



За результатами опитування був визначений коефіцієнт конкордації  $W$  (погодження), що визначає ступінь погодження між думками спеціалістів. Значимість коефіцієнта конкордації перевірялась за критерієм Пірсона [3]. Так як табличне значення критерію Пірсона менше розрахункового, тому можна з 95%-ою ймовірністю стверджувати, що думка спеціалістів відносно впливу факторів оцінюється коефіцієнтом конкордації  $W = 0,57$  та не є випадковою.

Для наочності зображення результатів психологічного експерименту була побудована середня діаграма рангів розподілення послуг, що визначають співвідношення їх впливу на якість проведення технічного сервісу.



**Рис. 1. Послуги технічного сервісу, які мають вплив на попит у сільськогосподарського виробника**

На основі апріорного ранжирування було встановлено, що найбільш значущими послугами технічного сервісу є ремонт і технічне обслуговування машин, відновлення деталей, зберігання і утилізація машин. На сучасному етапі, незважаючи на зростання інтересу до утилізації техніки, яка вибула з експлуатації, ці питання залишаються мало вивченими.

Сільськогосподарська техніка, хоча і є предметами тривалого користування, все ж має кінцевий термін життя. Отже, після закінчення їх експлуатації необхідно вжити заходів щодо їх утилізації. У зношеній і списаній машині містяться всі ті матеріали, які були використані при її виготовленні: чорні і кольорові метали, пластмаси та полімерні вироби, скло і кераміка, дерево і картон, текстильні і бітумні матеріали і ін. Тому така машина може і повинна стати джерелом вторинних матеріальних ресурсів.

Організація збору та переробки вторинних ресурсів включає наступні заходи [4]:

- виявлення та облік засобів, непридатних до експлуатації;
- створення мережі пунктів збору відпрацьованих акумуляторів, використаних технологічних рідин, зношених автопокришок і виробництв з їх переробки;
- створення виробництва по утилізації мастильно-охолоджуючих рідин;
- створення комплексу виробництв з утилізації відходів;
- створення центральної єдиної диспетчерської та інформаційної електронної бази даних про всі транспортно-технологічних засобах і їх стан;
- реалізація запчастин та продуктів переробки транспортно-технологічних засобів;
- захоронення відходів переробних підприємств.

**Висновки.** Невирішеність багатьох питань, пов'язаних з утилізацією, а також відсутність системного (комплексного) підходу до їх вирішення, робить актуальними дослідження по цим важливим напрямкам в АПК.

#### **Список використаних джерел.**

1. Технічний сервіс в АПК: навчально-методичний комплекс : навч. посіб. для студентів інжен. спец. на осв.-кваліф. рівні «Бакалавр» напрямку «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» / С.М. Грушецький та ін.; за ред. С.М. Грушецького, І.М. Бендери. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я.І., 2014. 680 с.

2. Дідур В.А., Сорваніді Ю.Г., Новік О.Ю. Удосконалення і перспективи розвитку технічного сервісу в Мелітопольському регіоні. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Херсон, 2016. Вип. 4. С. 211–223.

3. Луйк И.А. Применение экономико-математических методов и моделей при проектировании технологического процесса обслуживания и ремонта автомобилей : учебное пособие. Київ : УМК ВО, 1989. 80 с.

4. Утилизация в системе обновления сельскохозяйственной техники в АПК : науч. изд. / В. И. Черноиванов и др.; Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 124 с.

УДК 62-2.004

**ОБҐРУНТУВАННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ  
ОЧИЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗАНУРЕННЯМ**

Дашивець Г.І., к.т.н.

Бужора Д.А., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми.** В процесі експлуатації сільськогосподарської техніки на її поверхнях відкладаються різноманітні забруднення, які затрудняють або роблять неможливим правильну експлуатацію техніки, виявлення дефектів, викликають корозію метала, старіння матеріалів деталей, знижують надійність машин. Забруднення машин можна умовно поділити на сім груп: дорожньо-ґрунтові забруднення, залишки паливно-мастильних матеріалів і застаріле мастило, асфальтосмолисті відкладення, нагар, накип, продукти корозії, старі лакофарбові покриття [1-3]. Кожен вид забруднень видаляється ефективно одним зі способів: механічним, струминним, заглибним або циркуляційним.

Основним завданням досліджень є одержання експериментальної математичної моделі процесу очищення, яка дозволить дати практичні рекомендації по оптимальним параметрам процесу.

**Основні матеріали дослідження.**

Мийно-очисне обладнання класифікується по методу впливу на поверхні об'єктів очищення на струминне, занурювальне, циркуляційне, спеціальне [4,5]. В струминних установках мийний розчин під тиском подається на об'єкти очищення через систему гідрантів. Заглибний спосіб оснований на зануренні об'єктів очищення в ванну, яка оснащується обладнанням для інтенсифікації процесу очищення. При циркуляційному очищенні здійснюється багаторазове промивання забруднених внутрішніх порожнин швидкісним потоком мийного розчину. До спеціальних методів очищення відносяться абразивний, фізико-хімічний, механічний, ін.

Вибір типу мийно-очисного обладнання залежить від форми, розмірів, маси, матеріалу, вартості об'єктів очищення, умов їх експлуатації, виду забруднень, складу мийних препаратів, потужності сервісного підприємства, а також від вимог, які висуваються до якості очищення.

В результаті інженерного прогнозування способів, прийомів і обладнання очищення деталей і складальних одиниць техніки можна визначити перспективні для реалізації в умовах майстерень технічних центрів і сільськогосподарських підприємств способів і тенденцій розвитку конструкцій обладнання, що забезпечать [6]:

– максимальне видалення з зовнішніх та внутрішніх поверхонь ремонтного фонду забруднень 1-3 груп до чистоти 6-7 балів, а по можливості і частини забруднень 4, 5 груп зі складних по конфігурації виробів;

- мінімальний вплив процесів очищення на довкілля;
- стабільну якість очищення ремонтного фонду;
- безпечні і комфортні санітарно-гігієнічних умов праці;
- високий рівень механізації та автоматизації процесів та обладнання, направлених на скорочення часу очищення, зниження витрат всіх видів енергії.

В результаті інженерної оцінки джерел інформації можна зробити висновок, що найбільш перспективним способом очищення деталей, складальних одиниць від міцних асфальто-смолистих відкладень є очищення лужними концентрованими розчинами синтетичних мийних засобів з використанням прийому занурення об'єктів ремонту і їх вібрацією [7].

Основним технологічним елементом заглибного обладнання є ванна з мийним розчином [8]. Для інтенсифікації процесу очищення здійснюється підігрів розчину і його примусова активація до турбулентного стану. В роторних машинах об'єкти очищення завантажують в контейнери, які підвішуються на хрестовину і здійснюють обертовий рух (рис. 1).

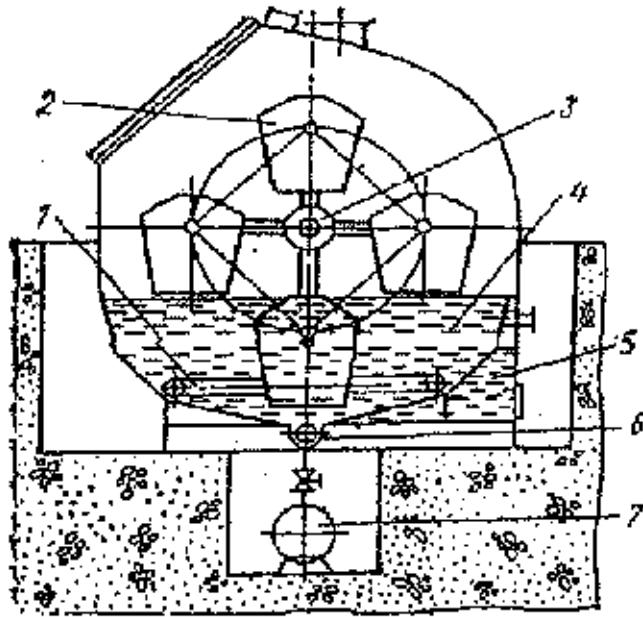
Активація мийного розчину і процес очищення здійснюються шляхом періодичного занурення контейнерів в ванну, переміщення їх всередині ванни і піднімання над ванною для стікання розчину з отворів контейнерів. Коли час прогрівання виробів закінчується і поверхні очищаються від забруднень, які легко видаляються, при переміщенні кошиків в рідині, обертання валу зупиняють і включають вібратори. Вібрація при частоті 46-47 Гц визиває кавітаційний вплив розчину на забруднення, в тому числі і на ті, що знаходяться на внутрішніх поверхнях різного роду порожнин.

Критеріями оптимізації, по якому оцінюється процес очищення і який зв'язує всі фактори в математичну модель, можуть бути

- якість очищення (чистота зовнішніх та внутрішніх поверхонь 6-7 балів),

- мінімальні витрати всіх видів енергії,
- мінімальний час очищення,
- мінімальний вплив процесів очищення на довкілля,
- безпечні санітарно-гігієнічних умови праці.

Враховуючи, що основним завданням очищення є видалення забруднень, критерієм оптимізації при обґрунтуванні та розрахунку оптимальних параметрів процесу очищення зануренням приймається найбільш вагомий параметр – якість очищення.



**Рис. 1. Мийна машина з роторним активатором**

1 – теплообмінник, 2 – контейнер, 3 – вал з хрестовинами, 4 – ванна, 5 – маслозбірник, 6 – гвинтовий контейнер, 7 – грязьозбірник

Завдання полягає в тому, щоб створенням математичної моделі максимізувати або мінімізувати критерій оптимізації шляхом відповідного підбору факторів, що діють на процес.

Після вибору критерію (параметра) оптимізації необхідно вибрати по можливості всі фактори, що впливають на його величину. Фактори повинні бути некоррельовані та зумисні. Вимога некоррельованості факторів означає можливість вибору будь-якого рівня варіювання для будь-якого фактору поза залежністю від рівнів інших факторів.

Відбір всіх основних факторів, які впливають на процес очищення, здійснювався на підставі попереднього вивчення літературних даних по темі дослідження й їх аналізу. Всього факторів, які безпосередньо впливають на процес очищення зануренням досить багато, а саме:

- склад мийних засобів,
- температура розчину,
- хімічна активність мийних засобів,
- концентрація мийних засобів,
- частота низькочастотних коливань,
- амплітуда низькочастотних коливань,
- середня швидкість переміщення об'єкта очищення при високо-частотних коливаннях,
- частота високочастотних коливань,
- швидкість очищення мийних засобів,
- концентрація забруднень в мийному розчині,
- розміри робочої зони мийного обладнання,
- тривалість очищення,
- ефективність фільтруючих елементів,



– кількість контейнерів.

Всі ці фактори безпосередньо впливають на процес, а тому кожен з них повинен бути взятий до уваги, та детально розглянутий. При виборі рівнів варіювання факторів брались до уваги максимально та мінімально допустимі значення, які може приймати цей фактор в процесі очищення зануренням, але не більш та не менш ніж це повинно бути для забезпечення нормальної роботи обладнання по очищенню.

Випробування очисного обладнання дозволяють збирати відомості для порівняння різних технічних рішень і вибору кращих з них. Послідовність і порядок випробувань передбачались відповідно до «Порядку проведення випробувань дослідних зразків».

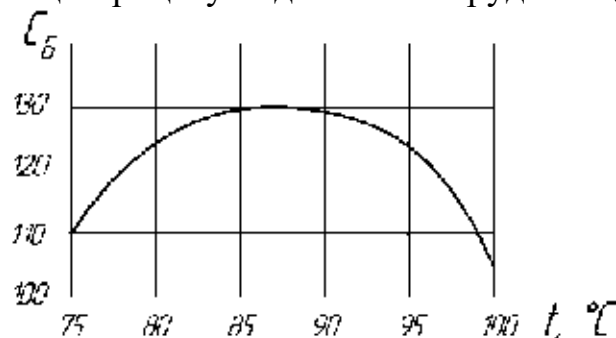
Вибраний критерій оптимізації – якість очищення – залежить від багатьох факторів, головними з яких є склад мийних засобів, температура розчину, концентрація мийних засобів, частота низькочастотних коливань, амплітуда низькочастотних коливань, середня швидкість переміщення об'єкта очищення при високочастотних коливаннях, частота високочастотних коливань, тривалість очищення, ефективність фільтруючих елементів. Можна припустити, що саме ці фактори найбільш сильно впливають на якість очищення.

Проведене подальше апріорне ранжирування факторів дозволило виділити з 14, що впливають на процес очищення зануренням, усього чотири найбільш значимих фактори:

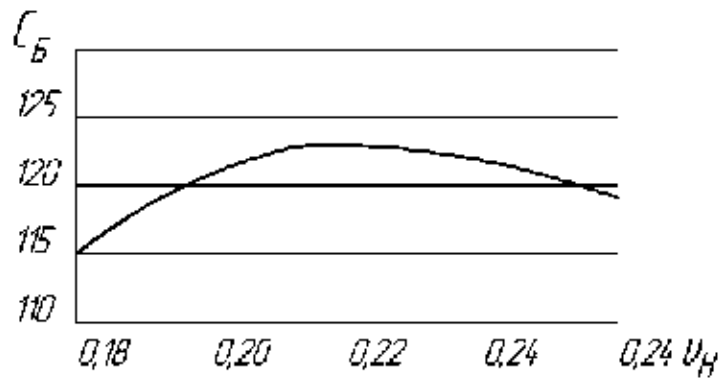
- 1) температура розчину (фактор  $X_1$ );
- 2) частота низькочастотних коливань (фактор  $X_2$ );
- 3) амплітуда низькочастотних коливань (фактор  $X_3$ );
- 4) середня швидкість переміщення об'єкта очищення при високочастотних коливаннях (фактор  $X_4$ ).

Теорією і практикою доведено, що зниження температури на  $10^{\circ}\text{C}$  приводить до зниження якості очищення в 2 і більше рази. Значні відхилення температури розчину від оптимальних значень через охолодження роздробленої рідини передбачають низьку якість очищення.

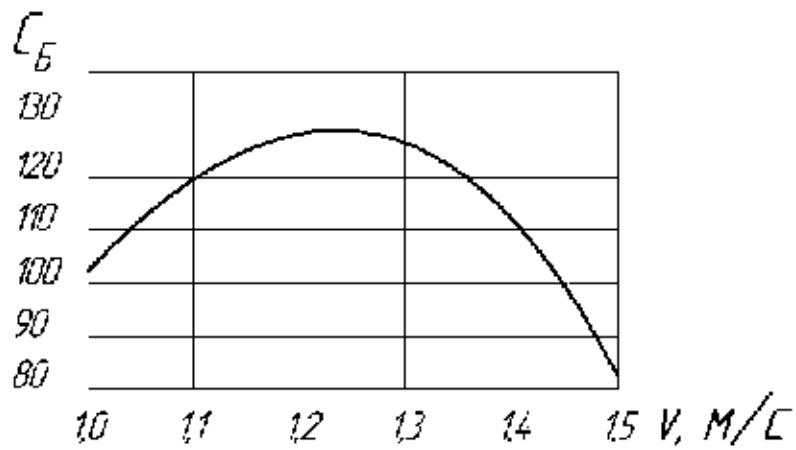
На підставі аналізу результатів експериментальних даних були виявлені залежності якості очищення об'єкта порівняння  $C_B$  від зміни параметрів інтенсифікації процесу видалення забруднень (рис. 2 – 5).



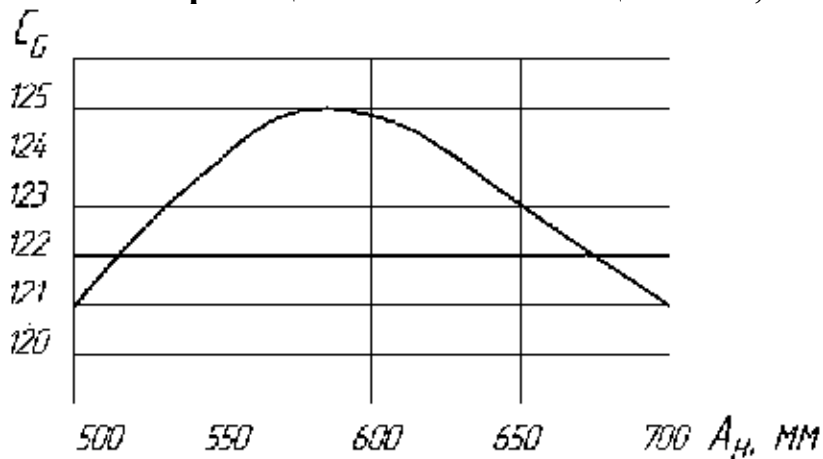
**Рис. 2.** Залежність якості очищення  $C_B$  від температури розчину  $t, ^{\circ}\text{C}$



**Рис. 3.** Залежність якості очищення  $C_B$  від частоти низькочастотних коливань  $\nu_n$ , Гц



**Рис. 4.** Залежність якості очищення  $C_B$  від середньої швидкості переміщення об'єкта очищення  $V$ , м/с



**Рис. 5.** Залежність якості очищення  $C_B$  від амплітуди низькочастотних коливань  $A_n$ , мм

**Висновки.** Виявлені фактори, які найбільш впливають на якість очищення виробів при ремонті машин. Обґрунтовані оптимальні значення параметрів: температура мийного розчину – 87<sup>0</sup>С, частота низькочастотних коливань – 0,216 Гц, амплітуда низькочастотних коливань – 585 мм, середня швидкість переміщення об'єкта очищення при високочастотних коливаннях – 1,24 м/с.

**Список використаних джерел.**

1. Дашивець Г.І., Дідур В.А., Бондар А.М. Проектування сервісних підприємств: посібник-практикум. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 144 с.
2. M. Hashim, M. Amamath, S. Swamamani, C. Sujatha. Diagnosis of gear wear by experimental and theoretical approach. January 2005. [https://www.researchgate.net/publication/289665017\\_Diagnosis\\_of\\_gear\\_wear\\_by\\_experimental\\_and\\_theoretical\\_approach](https://www.researchgate.net/publication/289665017_Diagnosis_of_gear_wear_by_experimental_and_theoretical_approach)
3. Дашивець Г.І., Бондар А.М. Паніна В.В. Проектування сервісних підприємств: навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів. Мелітополь:Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 84 с.
4. Дідур В.В., Паніна В.В., В'юник О. В. Спосіб підвищення після-ремонтної довговічності шестеренних насосів. Праці Таврійського ДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. 19, том 4. С.110-117.
5. Дідур В.В., Паніна В.В., В'юник О.В. Підвищення довговічності шестеренних насосів. Матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції 01-24 квітня 2020 р. Мелітополь, 2020.
6. В'юник О.В., Дідур В.В., Паніна В.В., Дашивець Г.І. Теоретичні підходи застосування різних присадок при обкатуванні гідромашин Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, 2020. Вип. 10, т. 1. С. 206–115.
7. Паніна В.В., В'юник О.В., Дашивець Г.І., Журавель Д.П. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання: навч.-метод. посіб. до лабораторного практикуму для самостійної роботи. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. – 84 с.
8. Дашивець Г. І., Новік О.Ю., В'юник О.В. Організація технологічних процесів ремонту машин та обладнання в майстернях підприємств АПК : навчально-методичний посібник до курсового проектування з дисципліни «Ремонт машин та обладнання». Мелітополь : Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. 64 с.

---

**СЕКЦІЯ 5. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В ТЕХНОЛОГІЯХ АПК, ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ**

---

УДК 631.3–192:662.63

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОЄМНОСТІ МАТЕРІАЛІВ ДЕТАЛЕЙ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ**

Журавель Д. П., д.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Металеve тіло руйнується тоді, коли щільність внутрішньої енергії в об'ємі, що деформується, досягає граничної (критичної) величини. При цьому критична щільність внутрішньої енергії (термодинамічний критерій руйнування) не залежить від умов, в яких протікає процес, а є фізичною константою матеріалу.

Не вивчаючи детально структуру і складну природу механізмів і елементарних актів фізико-математичних явищ, що протікають в реальних матеріалах, і розглядаючи процеси деформації і руйнування твердого тіла з енергетичної точки зору, термодинамічний підхід до оцінки і опису стану твердого тіла дозволяє робити такі ж достовірні висновки, як і фундаментальні закони, що лежать в основі термодинаміки [1-3].

Досліджуючи об'ємну міцність матеріалів, вчені висувають гіпотезу руйнування, згідно якої воно відбувається тоді, коли внутрішня енергія матеріалу досягає критичної енергоємності.

Інші дослідники, ґрунтуючись на подібності механічного і теплового руйнування матеріалів, прирівнюють критичну щільність внутрішньої енергії до теплоти (ентальпії) плавлення матеріалу. Такий підхід дає можливість скористатися поширеними табличними даними фізико-механічних властивостей матеріалів.

$$E^* = H_{nl}, \quad (1)$$

де  $E^*$  - критична щільність внутрішньої енергії;  $H_{nl}$  - прихована теплота плавлення матеріалу.

Якщо відомі зміни ентальпії при плавленні  $\Delta H_{nl}$  і щільність  $D$ , то критична енергоємність може бути вчислена по формулі:

$$E^* = \Delta H_{nl} D. \quad (2)$$

Для розрахунку критичної енергоємності може бути використана інша формула:

$$E^* = T_{пл} M D. \quad (3)$$

де  $T_{пл}$  – теплота плавлення,  $M$  – молекулярна маса,  $D$  – щільність матеріалу.

Розрізняють дві основні групи енергетичних критеріїв, які засновані :

- на вимірі або математичному описі роботи пластичної деформації (накопичена матеріалом загальна енергія пластичної деформації залежить від діючої напруги і механічних властивостей матеріалу);
- з врахуванням термодинамічних властивостей матеріалу [4,5].

Передбачається аналогічність процесів руйнування і плавлення. При цьому відзначається, що для порушення зв'язку атомів твердого тіла необхідна цілком певна кількість енергії, незалежно від того як вона підводиться до тіла: механічно або у вигляді тепла.

Серед численних методів, запропонованих дослідниками, на наш погляд, енергетична теорія тертя і зносу якнайповніше може описати реальну картину цього явища. Такий підхід сформульований і застосований Г. Фляйшером і удосконалювався в працях його колег. Основним в цій теорії є те, що для відділення часток зносу необхідно щоб деякий об'єм матеріалу накопив певний критичний запас внутрішньої енергії. По Г. Фляйшеру уявна щільність енергії ( $e_{mv}^*$ ) характеризується як функція:

- дійсної щільності енергії розриву ( $e_{mv}$ );
- критичного числа імпульсів енергії, що визначається величиною навантаження і аккумуляючою здатністю робочого матеріалу ( $n_k$ );
- коефіцієнта накопичення енергії ( $X$ ), що визначається структурою, складом і типом робочого матеріалу ( $K$ );

$$e_{mv}^* = e_{mv} n_k / X [K(n_k - 1) + 1]. \quad (4)$$

Точне аналітичне визначення уявної щільності енергії тертя на основі рівняння (4) в даний час ще неможливо, тому що не з'ясований взаємозв'язок між окремими розрахунковими величинами і заданими фізико-технічними характеристиками робочого матеріалу [6-8].

Г.М. Сорокін і Б.П. Сафонов вважають, що енергоємність матеріалу залежить від твердості і температури відпустки, а також від структури матеріалу. Оскільки тертя супроводжується тепловими процесами, то таке твердження, ймовірно правильне. Слід очікувати, що зі зміною температури енергоємність також повинна змінитися. Однак, при незначних змінах температури в стаціонарних процесах, можна допустити, що критична енергоємність є фізичною константою матеріалу.



Зміна властивостей деформованих поверхонь обумовлено самою природою тертя, особливостями перетворення механічної енергії в теплову. Процес пристосування пар, що труться в період приробітку є енергетичним, оскільки він протікає з поглинанням або виділенням енергії контактуючими поверхнями. В цьому плані зміцнення можна уявити як процес енергонасичення деформуємих об'єктів в результаті підвищення їх щільності дислокації або інших недосконалостей кристалічної будови [9,10].

Енергетична концепція базується на умови Гріффітса, згідно з яким існуюча мікротріщина буде інтенсивно розповсюджуватися, якщо швидкість звільнення енергії пружною деформацією перевищить приріст поверхневої енергії тріщини в одиницю часу. Для деформуємої плоскої пластини ця умова виражається в наступній залежності:

$$\frac{\sigma \pi l^2}{E} \geq 4l(W_H + W_n), \quad (5)$$

де  $\sigma$ -напруження на пластині;  $E$ -модуль пружності;  $2l$ -довжина тріщини, що йде під прямим кутом до напрямку напруження  $\sigma$ ;  $W_H$  - енергія поверхневого натягу тріщини;  $W_n$  - робота пластичної деформації.

Критичне напруження, при якому починається інтенсивний розвиток тріщини з наступним руйнуванням поверхні:

$$|\sigma| > 2 \sqrt{\frac{E(W_H + W_n)}{\pi l}}. \quad (6)$$

Мінімальне нормальне напруження, при якому виникає граничне прослизання зерен і утворення субмікротріщини:

$$\sigma_{min} = \sqrt{\frac{12WG}{\pi d}} \quad (7)$$

де  $W$ - поверхнева енергія пластичної деформації, пов'язана з виникненням тріщини в сусідньому зерні;  $d$ - середній діаметр зерна;  $G$ - модуль пружності другого роду.

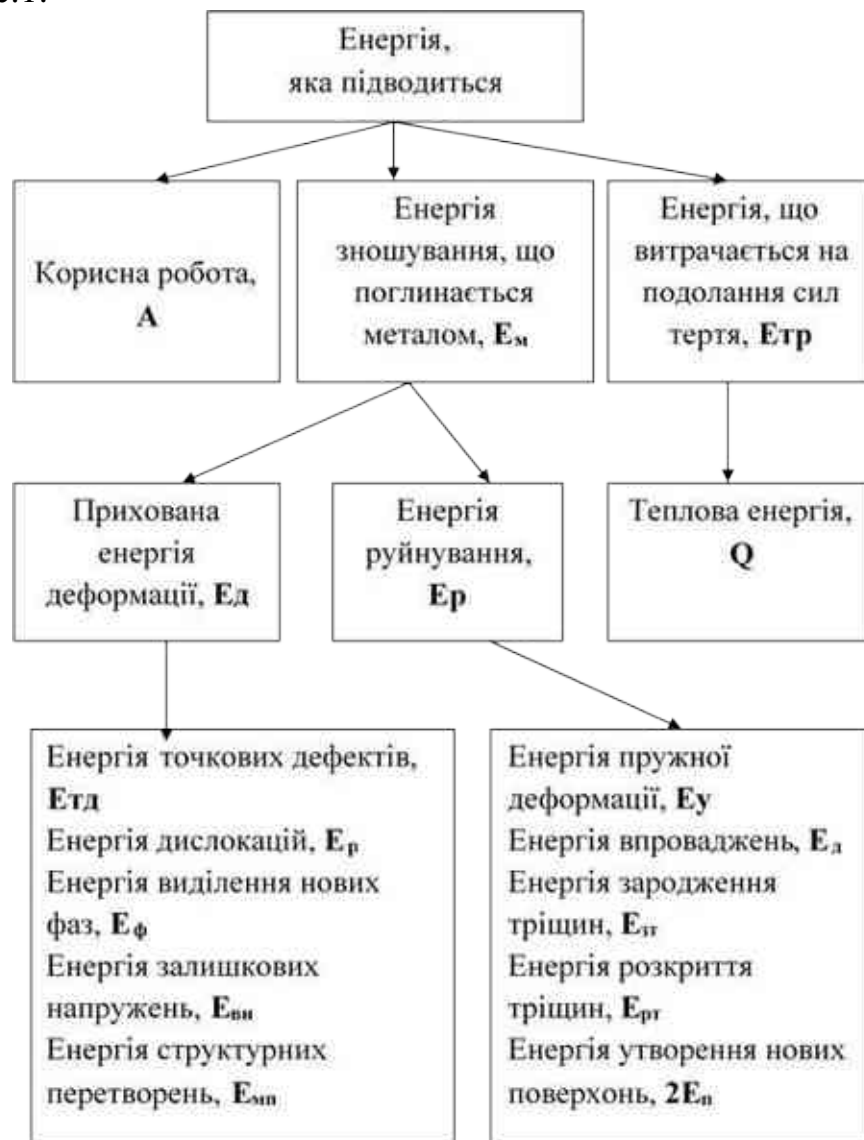
Зв'язок енергоємності матеріалу зі структурно-міцністними властивостями вивчав В.С.Попов. Використовуючи дислокаційно-енергетичний аналіз чинників зношування, він робив спробу розрахувати критичну енергоємність матеріалу при абразивному зношуванні. По В.С. Попову процес зношування представляється в такий спосіб: зношування підкоряється закону збереження енергії. Відповідно до першого закону термодинаміки його можна показати співвідношенням:

$$A=Q + \Delta E, \quad (8)$$

де  $\Delta E$  - зміна внутрішньої енергії матеріалу;  $Q$  - тепловий ефект при зношуванні;  $A$ - робота тертя, еквівалентна витраченій механічній енергії.

Зміна внутрішньої енергії зношуємого матеріалу дорівнює величині енергії нових поверхонь, що утворюються при руйнуванні, і енергії акумульованої в металі при взаємодії поверхонь у вигляді прихованої енергії деформації.

Енергетичний баланс процесу зношування по В.С.Попову показаний на рис.1.



**Рис.1. Схема енергетичного балансу процесу зношування по В.С.Попову**

В процесі зношування акумулювання енергії пружної деформації граничної величини призводить до порушення суцільності, тобто відділенню однієї частини кристалічної решітки від іншої. При цьому відбувається розрив міжатомарних зв'язків і утворення нових поверхонь. Ці

явища вимагають для свого здійснення певних витрат енергії і можуть відбуватися тільки в тому випадку, якщо метал має необхідний її запас. Запас енергії збільшується за рахунок її передачі контртілами від зовнішнього джерела енергії.

Характеристика зносостійкості матеріалів, що є функцією процесів деформації і руйнування, може базуватися на аналізі середньої величини енергії, яка поглинається в процесі тертя. Величина цієї енергії залежить від зовнішніх факторів і вихідного стану металу. У загальному вигляді при терті робота витрачається на руйнування  $E$  і збільшення запасу енергії в поверхневому шарі металу у вигляді скритої енергії деформації  $E$ , перетворюючись у тепло і розсіюється в навколишнє середовище,

$$E_{\text{тр}} = E_p + E_{\text{сд}} + q, \quad (9)$$

де  $E_{\text{тр}}$  - енергія тертя.

Енергія, що витрачається на руйнування, складається з енергії, необхідної на пружну деформацію  $E_y$ , енергії зближення поверхонь  $E_b$ , зародження тріщин  $E_{zm}$  і енергії, відповідної роботі прикладеної напружки при розкритті тріщини  $E_{pm}$  і ефективної енергії утворення нових поверхонь  $2 E_n$ :

$$E_p = E_y + E_b + E_{zm} + E_{pm} + 2 E_n. \quad (10)$$

В процесі відносного переміщення поверхонь метал деформується і утворює мікротріщини, які, розвиваючись, призводять до руйнування поверхонь мікрооб'ємів. У поверхневих ділянках, розміри яких залежать від складу і структури сплаву, відбуваються незворотні процеси зміни його вихідного стану, що включають приріст щільності дислокацій, утворення мартенситу деформації, зміна параметрів кристалічної решітки аустеніту і ступеня тетрагональності мартенситу, виділення дисперсних фаз, утворення залишкових напружень. Робота, витрачена на здійснення зазначених змін, призводить до збільшення запасу внутрішньої енергії поверхневих шарів металу.

Прихована енергія деформації є енергія, яка зосереджена в дислокаціях  $E_p$ , точкових дефектах  $E_{\text{тд}}$ , що утворилися в процесі тертя і залишкових напружень  $E_{\text{вн}}$ , а також енергія структурних перетворень  $E_{\text{мп}}$  і виділення нових фаз  $E_{\text{ф}}$ :

$$E_{\text{сд}} = E_p + E_{\text{тд}} + E_{\text{вн}} + E_{\text{мп}} + E_{\text{ф}} \quad (11)$$

З підвищенням ступеня деформації кількість енергії, що акумулюється в металі, збільшується і може коливатися в широких межах від декількох до сотень джоулів на 1 моль.

### *Список використаних джерел*

1. Махкамов К.Х. Расчет износостойкости машин. Учебное пособие. Ташкент: ТашГТУ, 2002. 144 с.
2. Журавель Д.П. Моделювання процесів зміни кількісних і якісних показників моторних масел при їх використанні. *Праці ТДАТА*. Вип.2, т.14. Мелітополь, 2000. С. 37-40.
3. Журавель Д.П. Эффективность использования восстановленных моторных масел в тракторных двигателях. *Труды ТГАТА*. Вип.1, т.18. Мелітополь, 2001. С. 24-28.
4. Журавель Д.П. Исследование смазочной способности масел в сопряжениях автотракторных двигателей. Отраслевое машиностроение. *Труды ТГАТА*. Вып. 2, т.1. Мелітополь, 1997. С. 46-48.
5. Журавель Д.П. Моделирование триботехнических процессов в сопряжениях автотракторных двигателей. Отраслевое машиностроение. *Труды ТГАТА*. Вып. 1, т.6. Мелітополь, 1998. С. 38-43.
6. Журавель Д.П. Метод оценки состояния триботехнических свойств моторных масел. Отраслевое машиностроение. *Труды ТГАТА*. Вып.1, т.13. Мелітополь, 1999. С. 65-67.
7. Журавель Д. П. Методологія підвищення надійності сільськогосподарської техніки при використанні біопально-мастильних матеріалів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Тавр. держ. агротехнол. ун-т. Мелітополь, 2018. 44 с.
8. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Херсон, 2017. Вип. 5. С.56-65.
9. Журавель Д. П. Оцінка зносу трибоспрямижень в середовищі біопаливо-мастильних матеріалів. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь, 2012. Вип. 12. т.2. С. 28-33.
10. Журавель Д. П., Юдовинський В.Б. Моделювання хімотологічних та триботехнічних процесів в спряженнях тертя. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2007. Вип. 7, т. 3. С. 30-38.

УДК 621.313

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ ТРАНСФОРМАТОРА СО СХЕМОЙ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК «ЗВЕЗДА-ДВОЙНОЙ ЗИГЗАГ С НУЛЕВЫМ ПРОВОДОМ» НА ПАРАМЕТРЫ МАГНИТОПРОВОДА**Прищепов М.А., *д.т.н., доцент*Зеленькевич А.И., *ст. преподаватель,*Збродыга В.М., *к.т.н., доцент**УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь.*

Трансформатор со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» [1] имеет нулевую группу соединений обмоток, обеспечивает синусоидальность кривой тока нагрузки и напряжения и обладает хорошими симметрирующими свойствами [2-5]. При использовании трансформатора в качестве силового для питания сельскохозяйственных потребителей его целесообразно выполнить с масляным охлаждением, так как это уменьшает габариты и повышает надежность его работы.

Загрузки магнитной и электрической систем должны находиться в пределах допустимых значений, которые установлены на основании имеющегося опыта конструирования, изготовления и эксплуатации трансформаторов [6-8].

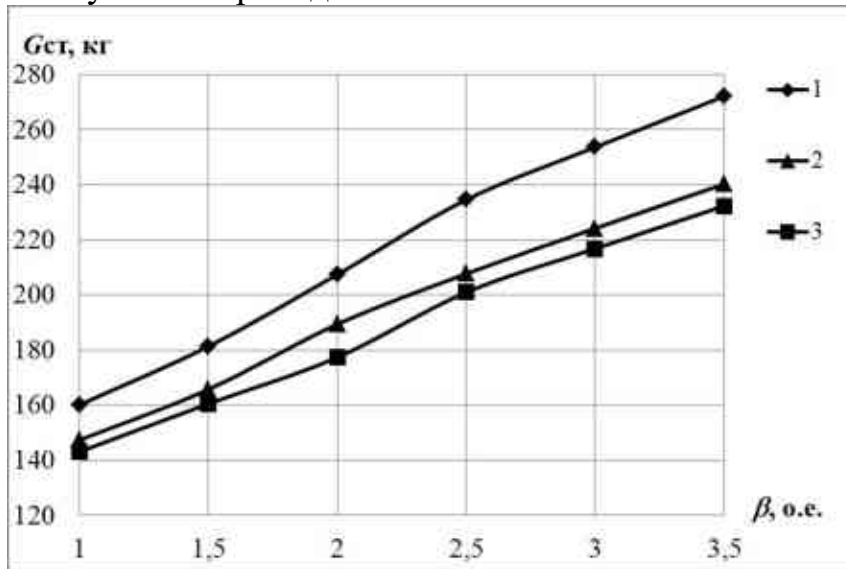
Авторами разработана методика расчета, детальная блок-схема алгоритма и компьютерная программа определения технических (конструктивно-режимных) параметров трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом».

При разработке новой серии трансформаторов их необходимо получить наиболее энергоэффективными и экономичными. Решение этой задачи для каждого типа трансформатора требует рассмотрения большого числа вариантов расчета, отличающихся соотношением основных размеров, а также параметрами холостого хода и короткого замыкания. Соотношение основных размеров  $\beta$  оказывает значительное влияние не только на параметры трансформатора, но и определяет пропорции размеров трансформатора.

Для определения влияния соотношения основных размеров  $\beta$  на параметры магнитопровода трансформатора проведены расчеты трансформаторов различных мощностей. Расчеты выполнены на ЭВМ с использованием разработанной программы расчета в широком диапазоне изменения  $\beta$ . Проведены по два варианта расчета: первый – при неизменном значении магнитной индукции в стержнях магнитопровода  $B_c=1,6$  Тл и различных значениях плотности тока в обмотках

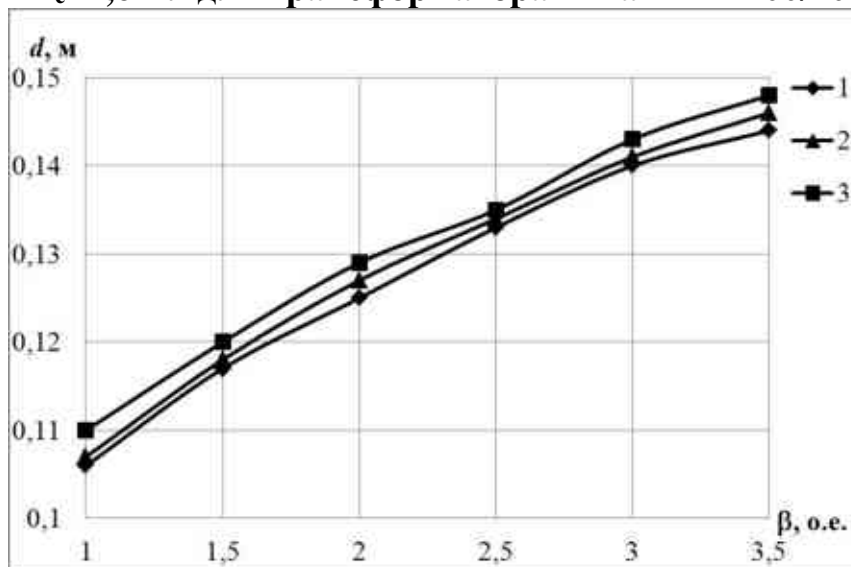


( $j=1,0; 2,0; 3,0 \text{ А/мм}^2$ ; второй – при неизменном значении плотности тока в обмотках  $j=2,5 \text{ А/мм}^2$  и различных значениях магнитной индукции в стержнях магнитопровода ( $B_c=1,4; 1,6; 1,8 \text{ Тл}$ ). Результаты расчетов представлены в виде графиков для наиболее часто используемых в сельских сетях трансформаторов мощностью  $100 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ . На рисунках 1–8 приведены зависимости веса стали  $G_{ст}$ , диаметра  $d$  и высоты стержней  $h_c$  магнитопровода, расстояния между стержнями  $C$  от  $\beta$  для трансформатора типа ТМГ 100/10 со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом».



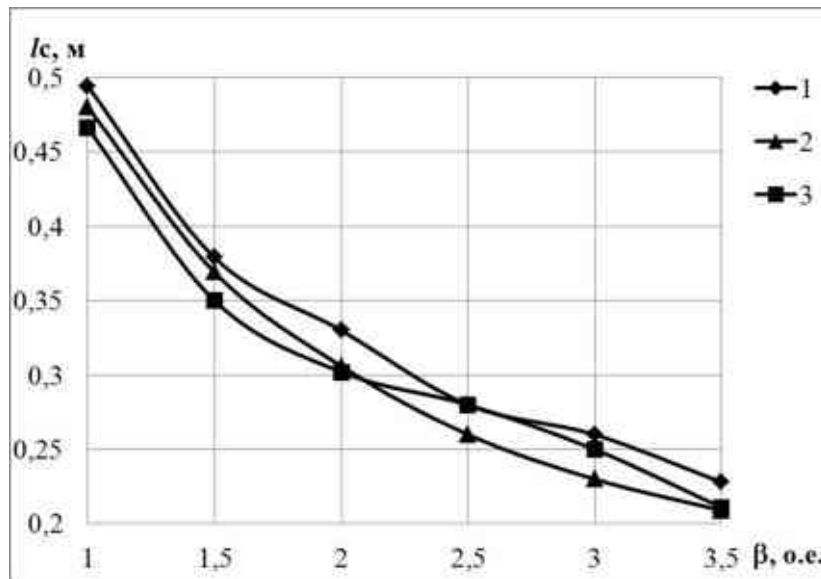
1 –  $G$  при  $j = 1,0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ ; 2 –  $G$  при  $j = 2,0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ ; 3 –  $G$  при  $j = 3,0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$

**Рис. 1. Зависимости веса стали магнитопровода  $G_{ст}=f(\beta)$  при  $B_c=1,6 \text{ Тл}$  для трансформатора типа ТМГ-100/10**



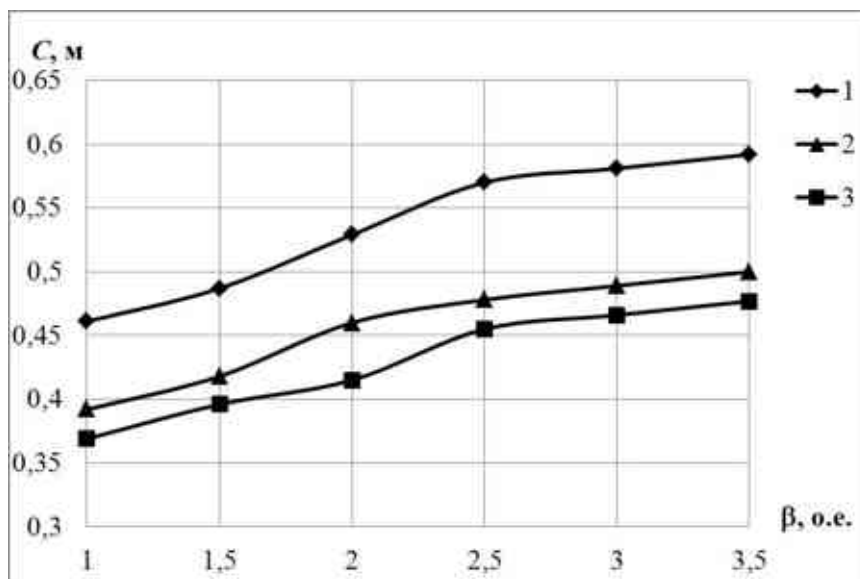
1 –  $d$  при  $j = 1,0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ ; 2 –  $d$  при  $j = 2,0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ ; 3 –  $d$  при  $j = 3,0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$

**Рис. 2. Зависимости диаметра стержней магнитопровода  $d=f(\beta)$  при  $B_c=1,6 \text{ Тл}$  для трансформатора типа ТМГ-100/10**



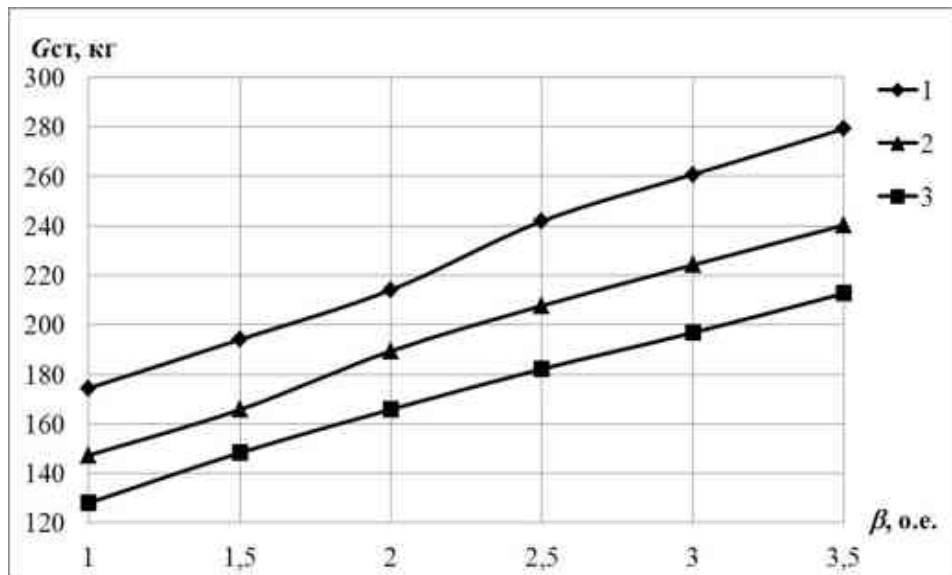
1 –  $l_c$  при  $j = 1,0 \frac{A}{mm^2}$ ; 2 –  $l_c$  при  $j = 2,0 \frac{A}{mm^2}$ ; 3 –  $l_c$  при  $j = 3,0 \frac{A}{mm^2}$

**Рис. 3. Зависимости длины стержней магнитопровода  $l_c=f(\beta)$  при  $B_c=1,6$  Тл для трансформатора типа ТМГ-100/10**



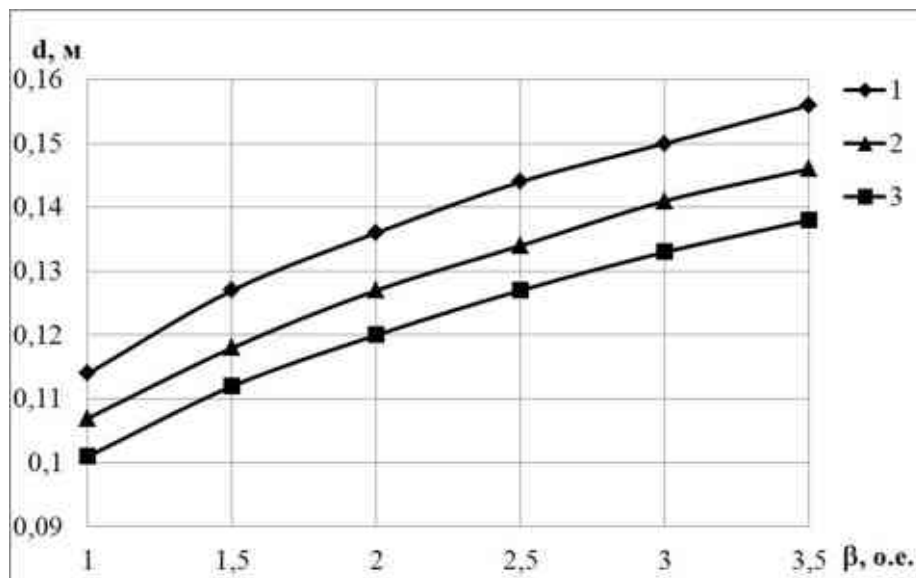
1 –  $C$  при  $j = 1,0 \frac{A}{mm^2}$ ; 2 –  $C$  при  $j = 2,0 \frac{A}{mm^2}$ ; 3 –  $C$  при  $j = 3,0 \frac{A}{mm^2}$

**Рис. 4. Зависимости расстояния между стержнями магнитопровода  $C=f(\beta)$  при  $B_c=1,6$  Тл для трансформатора типа ТМГ-100/10**



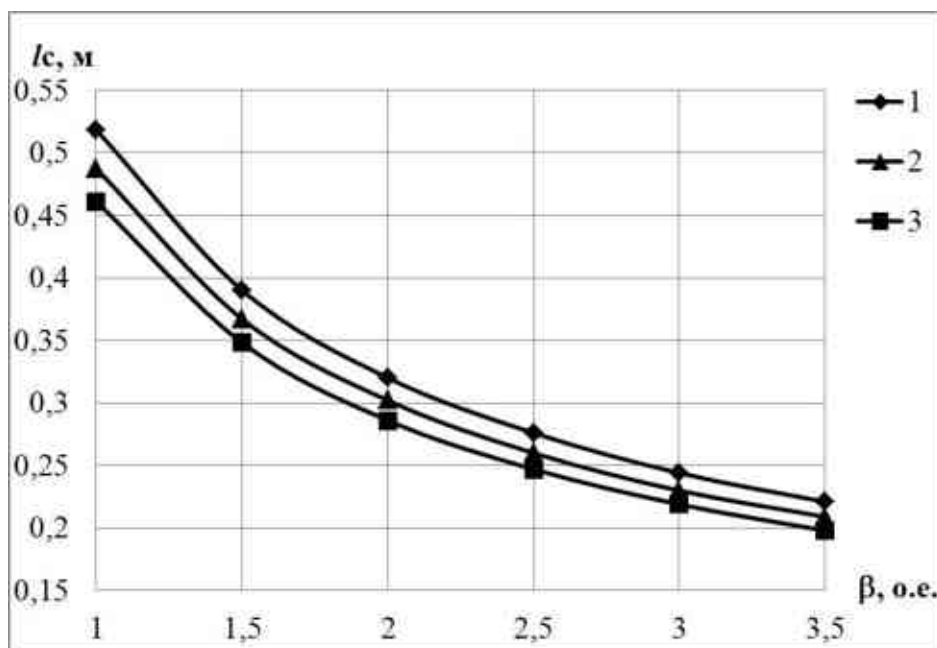
1 –  $G_{ст}$  при  $B_c = 1,4$ Тл; 2 –  $G_{ст}$  при  $B_c = 1,6$ Тл; 3 –  $G_{ст}$  при  $B_c = 1,8$ Тл

**Рис. 5.** Зависимости веса стали магнитопровода  $G_{ст}=f(\beta)$  при  $j=2,5$  А/мм<sup>2</sup> для трансформатора типа ТМГ-100/10



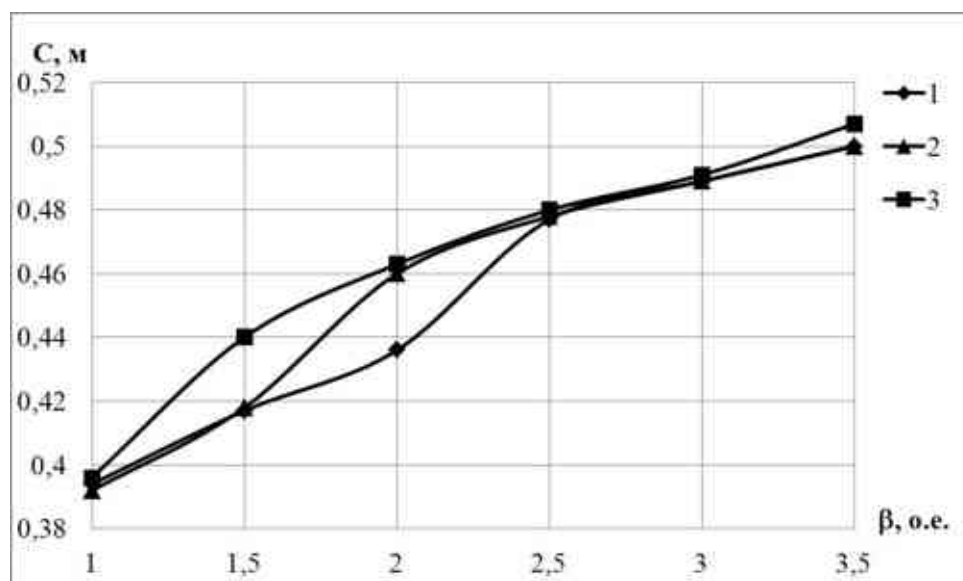
1 –  $d$  при  $B_c = 1,4$ Тл; 2 –  $d$  при  $B_c = 1,6$ Тл; 3 –  $d$  при  $B_c = 1,8$ Тл

**Рис. 6.** Зависимости диаметра стержней магнитопровода  $d=f(\beta)$  при  $j=2,5$  А/мм<sup>2</sup> для трансформатора типа ТМГ-100/10



1 –  $l_c$  при  $B_c = 1,4$ Тл; 2 –  $l_c$  при  $B_c = 1,6$ Тл; 3 –  $l_c$  при  $B_c = 1,8$ Тл

**Рис. 7.** Залежності довжини стержневий магнітопровода  $l_c=f(\beta)$  при  $j=2,5$  А/мм<sup>2</sup> для трансформатора типу ТМГ-100/10



1 –  $C$  при  $B_c = 1,4$ Тл; 2 –  $C$  при  $B_c = 1,6$ Тл; 3 –  $C$  при  $B_c = 1,8$ Тл

**Рис. 8.** Залежності відстані між стержнями магнітопровода  $C=f(\beta)$  при  $j=2,5$  А/мм<sup>2</sup> для трансформатора типу ТМГ-100/10

**Вывод.** Увеличение  $\beta$  веде к снижению массы стали в стержнях, но увеличению массы стали в ярах и общей массы стали магнітопровода трансформатора. Увеличение магнітної індукції при незмінних значеннях  $\beta$  знижує масу стали в стержнях, ярах і загальну масу стали. Увеличение плотности токов в обмотках при незмінних значеннях  $\beta$  знижує масу стали в ярах і загальну масу стали.

С ростом  $\beta$  диаметр стержней и расстояние между осями соседних стержней увеличивается, а высота стержней снижается. Увеличение магнитной индукции при неизменных значениях  $\beta$  снижает диаметр стержней, расстояние между осями соседних стержней и высоту стержней, если не учитывать влияние каналов охлаждения. Увеличение плотности токов в обмотках при неизменных значениях  $\beta$  снижает расстояние между осями соседних стержней и высоту стержней, а диаметр стержней при этом увеличивается.

### *Список литературы*

1. Патент №16008 Трехфазный симметрирующий трансформатор с четной группой соединения обмоток: / А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» - № а 20100121; заявл. 2010.02.01; опубл. 30.06.2012 // Афіційны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2012. № 3. С. 180-181.

2. Прищепов М.А., Збродыга В.М., Зеленкевич А.И. Особенности преобразования электрической энергии в трансформаторе со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом. Агропанорама. 2017. № 5. С. 16-25.

3. Прищепов М.А., Збродыга В.М., Зеленкевич А.И. Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке. Агропанорама. – 2018. № 6. С. 25-31.

4. Прищепов М.А., Збродыга В.М., Зеленкевич А.И. Экспериментальные исследования работы трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке. Агропанорама. 2019. № 5. С. 38-41.

5. Зеленкевич А.И., Прищепов М.А., Збродыга В.М. Конструктивное исполнение трансформатора «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: материалы VII Национальной научно-практической конференции, РФ, Саратов / ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. Саратов, 2020. С. 19-22.

6. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов: учебное. 5-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1986. 528 с.

7. Васютинский С.Б. Вопросы теории и расчета трансформаторов. Л.: Энергия, 1970. 432 с.

8. Петров Г.Н. Электрические машины. Ч.1. М.: Энергия, 1974. 240 с.



УДК 621.311.28

**КОМБІНОВАНА ГЕЛІОВІТРОВА ЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ**Гончаренко Ю. П.<sup>1</sup>, к.т.н.,Мельничук О. В.<sup>1</sup>, магістрант,<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

**Постановка проблеми.** З ростом потреб агропромислового комплексу в енергоресурсах, постійним ростом цін на електричну енергію та органічне паливо, а також негативним впливом традиційної енергетики на навколишнє середовище гостро постає потреба в пошуку альтернативних джерел енергії. Одним із шляхів вирішення даної проблеми є використання в системі енергопостачання сільськогосподарських підприємств комбінованої (сонячної та вітрової) енергетичної установки.

**Основні матеріали дослідження.** Недоліком роздільного використання геліоенергетичної установки та вітроенергетичної установки є низька надійність енергопостачання споживача, обумовлена нерівномірністю надходження сонячної та вітрової енергії. Для підвищення надійності необхідно застосовувати комбіновані геліовітроенергетичні установки.

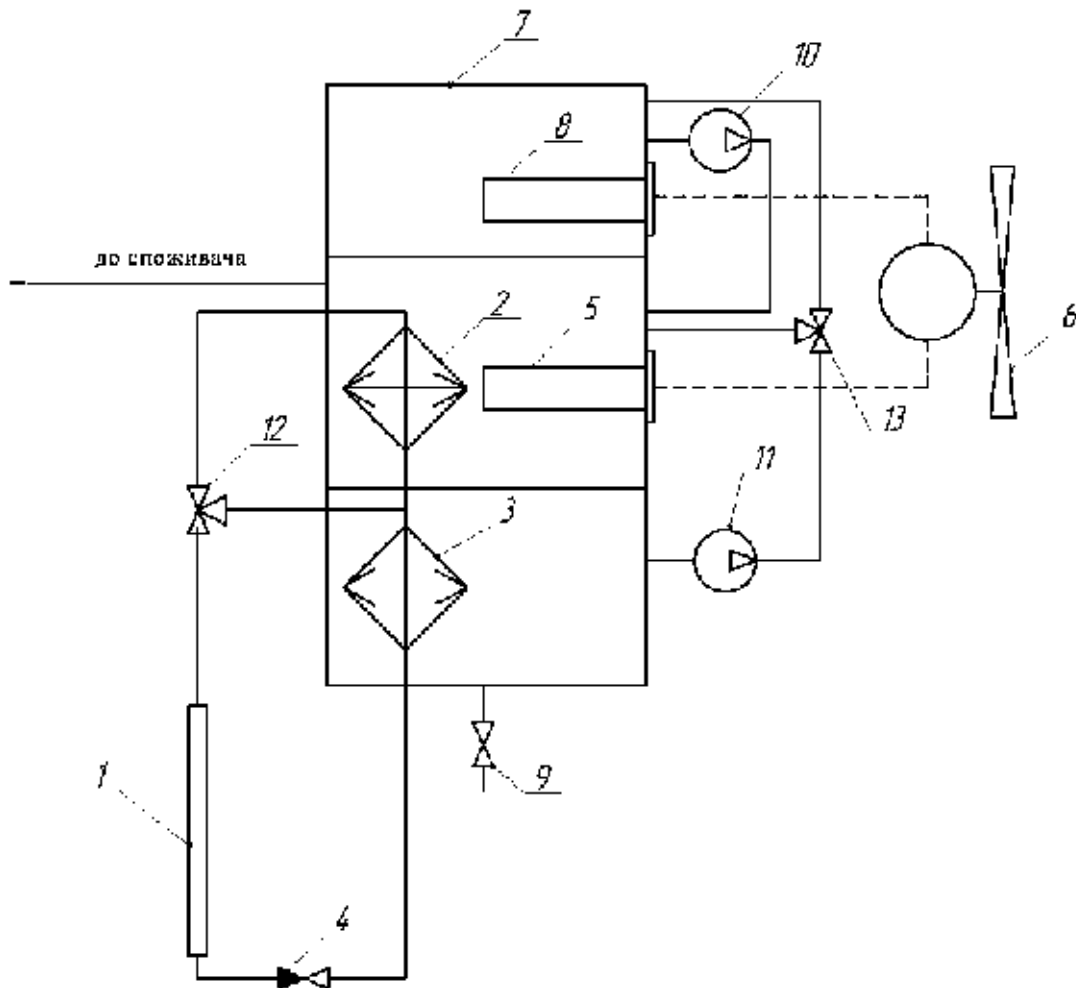
Ефективність застосування комбінованих систем суттєво залежить від схемного рішення, за яким вони реалізовані. Саме тому пріоритетним напрямком в галузі спільного використання сонячної та вітрової енергії є розробка схем комбінованих геліовітроенергетичних установок, що забезпечить ефективне перетворення енергії даних джерел.

Аналіз відомих схем комбінованих геліовітроенергетичних установок показав, що вони мають один суттєвий недолік: в періоди максимального приходу сонячної і вітрової енергії в процесі її роботи виникають надлишки енергії, які не використовуються споживачем і розсіюються в навколишнє середовище. Це призводить до зниження ККД перетворення сонячної та вітрової енергії і як наслідок, до підвищення собівартості теплової енергії, одержуваної від комбінованих геліовітроенергетичних установок.

З метою підвищення ефективності перетворення сонячної та вітрової енергії в тепло нами розроблена принципово нова схема комбінованої геліовітроенергетичної установки для гарячого водопостачання (рис. 1).

Основною перевагою даної схеми перед існуючими аналогами є можливість акумулювання певної частини надлишків теплової енергії, що виникають в періоди максимальної інтенсивності сонячної радіації

і (або) енергії вітрового потоку, і їх ефективно використання в похмурі і (або) безвітряні дні. Акумулявання надлишків теплової енергії здійснюється у верхній і нижній секціях бака-акумулятора після того як зарядиться середня (споживча) секція. Така конструкція бака-акумулятора дозволяє підвищити забезпеченість споживача тепловою енергією і тим самим знизити її собівартість.



**Рис. 1. Схема комбінованої геліовітроенергетичної установки для гарячого водопостачання:**

1 – сонячні колектори; 2 – основний теплообмінник геліоустановки; 3 – додатковий теплообмінник геліоустановки; 4 – зворотній клапан; 5 – основний електронагрівач вітроустановки; 6 – вітроустановка; 7 – бак-акумулятор; 8 – додатковий електронагрівач вітроустановки; 9 – клапан; 10, 11 – насоси; 12, 13 – триходові клапани.

Схема працює в такий спосіб. Теплоносій, нагрітий під дією сонячної радіації в колекторах 1, надходить в основний теплообмінник 2 і повертається назад через додатковий теплообмінник 3 і зворотний

клапан 4. Одночасно з цим (при достатній енергії вітрового потоку) основний електронагрівач 5, пов'язаний з вітроустановкою 6, виробляє теплову енергію.

У разі якщо температура води в середній секції бака-акумулятора 7 стане рівною температурі теплоносія на виході з колекторів 1, останні переходять на нагрів води виключно в нижній секції.

При нагріванні води в середній секції бака-акумулятора 7 до необхідної температури відбувається перемикання вітроустановки 6 на нагрів води у верхній секції, а також колекторів 1 на нагрів води в нижній секції. При повній зарядці верхньої і нижньої секцій бака-акумулятора 7 відбувається відповідно відключення вітроустановки 6 від додаткового електронагрівача 8 і колекторів 1 від додаткового теплообмінника 3.

У процесі споживання гарячої води з середньої секції бака-акумулятора 7 поповнення її новою порцією води проводиться з тієї секції, в якій; знаходиться вода з більш високою температурою. Нова порція холодної води надходить в нижню секцію бака-акумулятора 7 через клапан 9, а з неї за допомогою насосів 10 і 11 – в інші секції.

При розробці проекту пропонованої схеми комбінованої установки обсяг середньої секції бака-акумулятора завжди слід приймати рівним добовій потребі в гарячій воді. Дещо складніше справа йде з верхньою та нижньою секціями бака-акумулятора, так як їх обсяг істотно залежить від величини надлишків енергії, що виникають в процесі роботи установки. В свою чергу, надлишки теплової енергії при інших рівних умовах залежать від періоду року і співвідношення параметрів схеми.

**Висновки.** Теоретичні розрахунки показали, що застосування запропонованої схеми комбінованої геліовітроенергетичної установки у порівнянні з існуючими дозволяє при однакових значеннях основних параметрів підвищити річний коефіцієнт заміщення на 10-20%. Однак для цього необхідно понести додаткові витрати, пов'язані з установкою верхньої і нижньої секцій бака-акумулятора. Тому остаточний висновок про ефективність запропонованої схеми можна зробити тільки після порівняння економічних показників.

УДК 631.365:621.31

## ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОТЕРМІЧНИХ УСТАНОВОК ТА СО- НЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ФРУКТІВ

Боярчук В. М.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Сиротюк С. В.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Коробка С. В.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Сиротюк В. М.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Стукалець І. Г.<sup>1</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup>Львівський національний аграрний університет, м. Львів, Україна.

**Постановка проблеми.** Сушіння – теплофізичний процес, спрямований на видалення вологи з продукту. Проте даний процес матеріалів є одночасно й технологічним процесом, під час якого необхідно не тільки видалити зайву вологу, а й зберегти поживні речовини, вітаміни, ароматичні та смакові якості продукту.

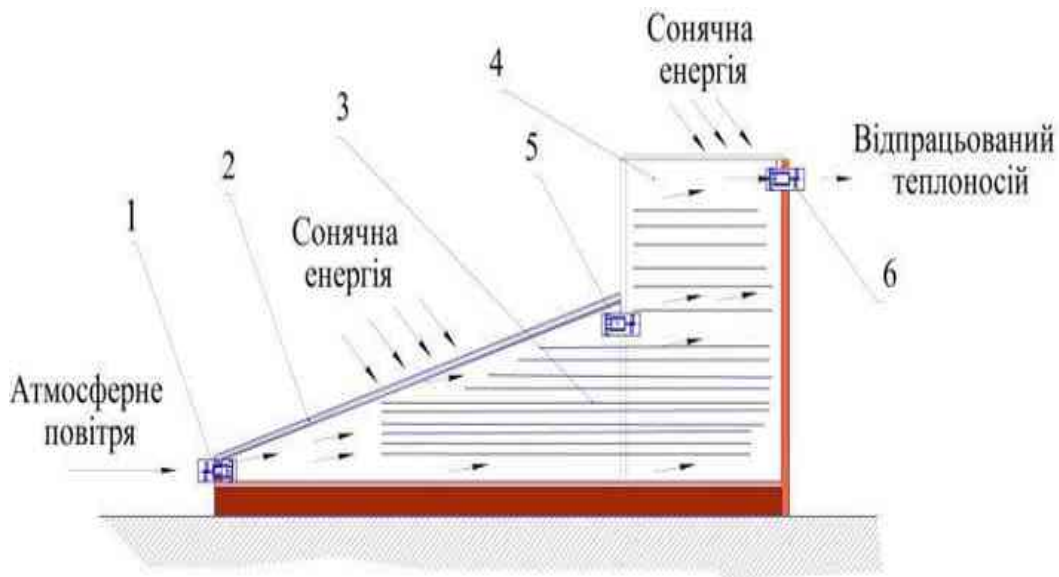
Сьогодні існує багато високотемпературних автоматизованих апаратів для сушіння фруктів. Проте їх застосування є нерентабельним за невеликих об'ємів переробки свіжозібраних фруктів в умовах особистих селянських і фермерських господарств, що пов'язано з великими капітальними вкладеннями, високими енерговитратами. Недоліками цих сушильних установок є: забруднення фруктів і доквілля токсичними продуктами горіння палива; нерівномірність нагрівання фруктової маси і висока швидкість сушіння, що призводить до пересушування, деформації і розтріскування матеріалу; великі витрати енергоносіїв. Застосування природного сушіння фруктів на відкритому повітрі в умовах природного освітлення вимагає значних затрат праці та має низьку продуктивність [1].

У зв'язку з цим необхідність розробки технічних засобів сушіння фруктів на основі альтернативних джерел енергії, що забезпечують енерго-, ресурсозберігання, виконання екологічних вимог, зумовлює актуальність дослідження.

**Основні матеріали дослідження.** Геліотермічна установка для сушіння фруктів (геліосушарка) – це різновид геліотермічного сушильного обладнання, призначений для сушіння рослинних матеріалів, зокрема фруктів, що працює від Сонячної енергії, а саме перетворення Сонячної енергії в теплову енергію [2,3].

Застосування сонячної енергії для сушіння фруктів є прийнятним для широти розташування Рівненської області, яка має середньорічну потужність сонячного випромінювання порядку 3,41 кВт·год/м<sup>2</sup> за світловий день. Це дозволяє з 1 м<sup>2</sup> площі повітряного колектора отримати від 1,5 до 2,3 кВт·год енергії за добу.

Нами пропонується міні-геліосушарка для сушіння фруктів, що наведено рис. 1. Даний прототип сушильної установки був розроблений на кафедрі енергетики Львівського національного аграрного університету.



**Рис. 1. Технологічна схема геліосушарки:**

1 – осьовий нагнітальний вентилятор; 2 – повітряний геліоколектор; 3 – всушувальний матеріал (фрукти); 4 – сушильна камера; 5 – осьовий нагнітальний вентилятор, 6 – витяжний осьовий вентилятор [2].

Геліосушарка має рамну конструкцію розміром  $2800 \times 1200 \times 1200$  мм виготовлену із струганого соснового бруса розміром  $50 \times 50$  мм. Повітряний колектор 2 розмірами  $1500 \times 1200$  мм розміщений на передній фронталі під кутом  $\beta_{opt} = 40,4^\circ$  до горизонту та складається із світлопрозорого матеріалу і абсорбера. Світлопрозорим матеріалом є скло зі складом 72%  $\text{SiO}_2$ , 13%  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ , 11%  $\text{Ca}$ ; 4%  $(\text{R}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$ . Абсорбер виготовлений із листової міді розміром  $1000 \times 1500$  мм та обпалено газовим різакон для утворення шорсткості поверхні у  $390$  мкм. Поверхню абсорбера вкрили селективною фарбою з товщиною шару покриття  $\lambda \approx 4,40$  мкм із технічними характеристиками коефіцієнтами короткохвильового поглинання  $\alpha \approx 0,92$ , довгохвильового випромінювання  $\varepsilon \approx 0,48$ , з товщиною шару покриття  $\lambda \approx 4,40$  мкм.

На бічній стінці колектора 2 зроблено вхідний канал для подачі повітря в сушильну камеру 4 з осьовим нагнітальним вентилятором 1 типу ebm-papst 3200J Series Axial Fan. Циркуляція теплоносія зі швидкістю  $1 \dots 3$  м/с у сушильній камері забезпечується осьовим нагнітальним вентилятором 5 типу ebm-papst 3200J Series Axial Fan, що закріплений на поворотному шарнірному механізмі. Видалення відпрацьованого теплоносія у верхній частині сушильної камери здійснюється з регулюванням обертів осьового вентилятора 6 типу ebm-papst 3200J



Series Axial Fan. Розроблена автоматична система контролю вологовиділення, волого видалення та повітрообміну у геліосушарці, як з автономним так і мережевим живленням. Дана система укомплектована вдосконаленим контролером K1-102 та датчиками контролю циркуляції, температури, вологи теплоносія і висушуваного матеріалу. Керуючим елементом у системі контролю є контролер K1-102 з давачами, а виконавчим елементом є 3 осьові вентилятори.

Геліосушарка працює таким чином. Сушильна камера заповнюється нарізаними дольками фруктів 5 (розміром  $50 \times 25 \times 50$  мм). Повітря з навколишнього середовища надходить у колектор, нагрівається та потрапляє в сушильну камеру. Відпрацьований теплоносієм видалається вимушеною конвекцією в навколишнє середовище через витяжний канал. У випадку мінливої хмарності в геліосушарці значну частину циклу сушіння складають перехідні процеси, а при тривалому затіненні та вночі – переходить у режим атмосферної сушарки.

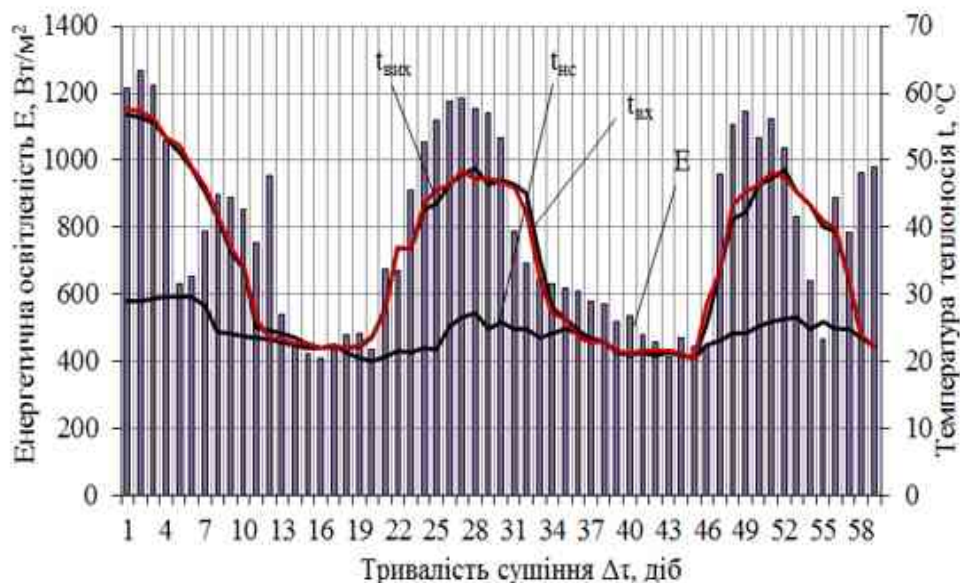
Таким чином, розроблена конструкція геліосушарки відповідає концепції активної сонячної енергетичної установки.

Натурні випробування геліосушарки проводили в ТзОВ «Зоря», що розташоване у м. Корці Рівненської області (Україна), у літньо-осінній період з 16 липня до 9 жовтня 2020 р. [2].

На основі аналізу природних погодо залежних факторів виявлено, що повне співпадіння параметрів потоку сонячної енергії, температури і вологості зовнішнього повітря освітлення, швидкості і сили вітру впродовж двох послідовних місяців малоімовірно. Тому, неупередженим фактором впливу того чи іншого параметра на кінцевий результат залишається порівняння часових залежностей відповідних величин. Наприклад, енергетичні параметри роботи геліосушарки були різними, а саме коливання піків температур та енергетичної освітленості, що наведено на рис. 2.

Енергетична освітленість, яка надходить на горизонтальну поверхню повітряного колектора під кутом  $\beta_{onm}=40,4^\circ$ , географічної широти (для м. Корець, Рівненська область –  $50,61^\circ$ ) впродовж двох місяців з 1.06.2020 р. до 29.07.2020 р. коливалася у межах  $E$  від  $450 \text{ Вт/м}^2$  до  $1269 \text{ Вт/м}^2$ .

Такі мінімальні та максимальні піки коливань енергетичної освітленості можна пояснити хмарністю, непрозорістю та забруднюваністю атмосфери.



**Рис. 2. Енергетичні параметри роботи геліосушарки у період з 1.06.2020 р. по 29.07.2020 р. [2]**

Зокрема, якщо подивитися на стовпчикову гістограму томи побачимо, що мінімальні значення енергетичної освітленості були у різні періоди сушіння  $\Delta t$  були з 13 по 20 годину доби або з 42 по 47 годину доби. Це пояснюється різкою зміною погодо залежних факторів, а саме сезоном дощів наприклад 13.06.2020 р. погода утримувалася хмарна з опадами. Ступінь прозорості атмосфери коливався у межах від 0,42 до 0,6. Потік повітряних мас (вітер) коливався у межах від 1,3 м/с до 2,8 м/с. Максимальні піки енергетичної освітленості можна пояснити тим, що 25.06.2020 р. ( $\Delta t=25$  година доби періоду сушіння фруктів) погода утримувалася ясна, без опадів. Ступінь прозорості атмосфери коливався у межах від 0,72 до 0,86. Потік повітряних мас (вітер) коливався у межах від 1 м/с до 2,2 м/с. Температура навколишнього середовища повітря на вході у геліосушарку коливалася  $t_{нс}$  в межах від 18,5 °С до 32,3 °С. Температура теплоносія у колекторі  $t_{вх}$  становила в межах від 20,5 °С до 57,3 °С, а на виході з сушильної камери  $t_{вих}$  була в межах від 21,3 °С до 56,9 °С. Відносна вологість повітря навколишнього середовища на вході у колектор коливалася  $\phi_{нс}$  від 28,9 до 82 % (рис. 3). Відносна вологість теплоносія на виході з сушильної камери  $\phi_{вих}$  була в межах від 30,8 до 85,3 %. Порівняльний аналіз отриманих результатів (рис. 4) показує, що вологовміст атмосферного повітря в період випробувань  $X_{вх}$  коливався від 0,019 до 0,0055 кг/кг, а відпрацьованого теплоносія на виході з сушильної камери  $X_{вих}$  змінювався від 0,024 до 0,067 кг/кг.

Отож, температура теплоносія у геліосушарці коливається в межах від 18,5 °С до 56,9 °С. Такі, мінімальні та максимальні піки коливань температури теплоносія у геліосушарці у різні періоди сушіння фруктів

пов'язані з великою розбіжністю та нерівномірністю інтенсивності сонячної енергії та зміна її величини у різні періоди сушіння  $\Delta t$  були з 13 по 20 годину доби або з 24 по 31 годину доби.

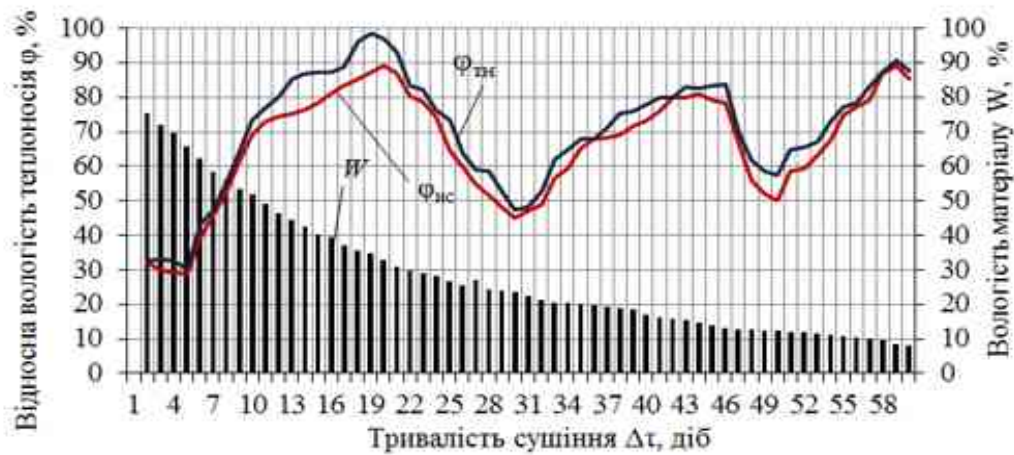


Рис. 3. Кінетичні параметри процесів вологовіддачі в геліосушарці у період з 1.06.2020 р. по 29.07.2020 р. [2]

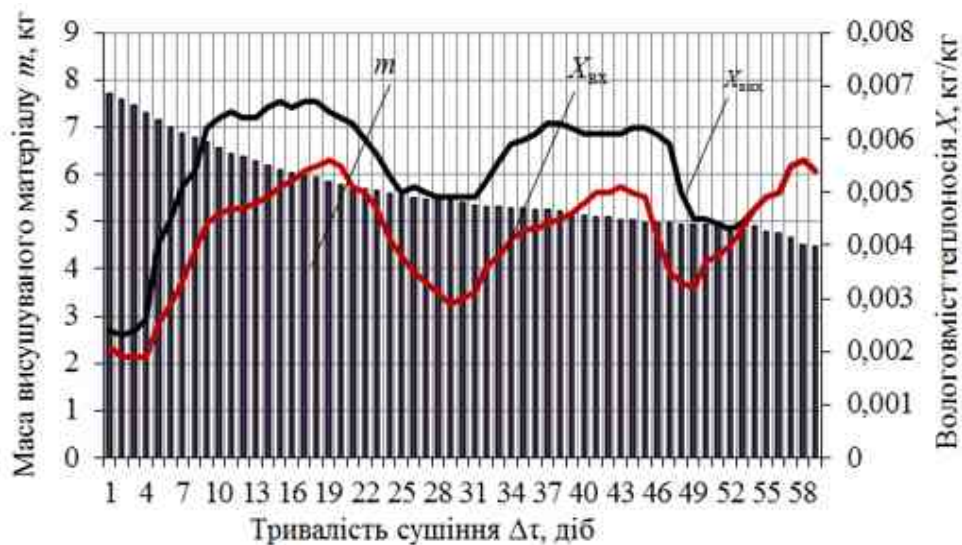


Рис. 4. Динаміка процесів масообміну в геліосушарці у період з 1.06.2020 р. по 29.07.2020 р. [2]

Тому, параметри теплоносія у сушильній камері із зростанням температури та пропорційним збільшенням відносної вологості повітря контролюються збільшенням циркуляції теплоносія від 1 до 3 м/с та навпаки.

Таким чином, під час сушіння фруктів за вологості матеріалу  $W$  від 75,3% до 6% та маси  $m$  від 7,73 до 4,41 кг температура теплоносія повинна коливатися, наприклад  $t_{вх}=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а  $t_{вих}=31\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то відносна вологість повітря повинна бути  $\phi_{вс}=72,1\%$ , а  $\phi_{вих}=75,9\%$ , вологовміст

$X_{\text{вх}}=0,0055$  кг/кг, а  $X_{\text{вих}}=0,067$  кг/кг. Тобто, вихідна температура, вологість теплоносія повинна бути у 1,5 рази вища порівнянні з вхідною  $t_{\text{вх}} < t_{\text{вих}}$ ,  $\varphi_{\text{нс}} < \varphi_{\text{вих}}$ ,  $X_{\text{вх}} < X_{\text{вих}}$ , якщо дана умова не забезпечується, то необхідно у сушильній камері збільшити вимушену конвекцію перемішування повітряних мас теплоносія (активно вентилувати). Тому, що на стінках геліосушарки та на поверхні матеріалу виникне явище точки роси, за рахунок перенасичення теплоносія надлишковим конденсатом водяної пари.

Основним недоліком геліосушарок є контроль за некерованими параметрами процесу сушіння, які зводяться до регулювання його вологості та вологовмісту, а регулювання температури можливо тільки в сторону зменшення їхніх значень. Тому, що температура, вологість та вологовміст теплоносія у геліосушарці коливаються в досить широкому діапазоні в залежності від погодних умов, часу доби, конфігурації енергетичного блоку сушарки, інтенсивності сонячної енергії. Тому, процес сушіння фруктів необхідно контролювати за кінетичними і динамічними параметрами процесу, а саме за зміною маси  $m$ , вологості  $W$  і вологовмісту  $U$  висушуваного матеріалу та отриманою якістю сировини.

**Висновки.** Розроблено новий тип геліотермічного сушильного обладнання з активною системою використання сонячної енергії. Досліджено вплив фізичних параметрів навколишнього середовища та погоди залежних факторів на тепло-, масо- і вологообміні процеси сушіння фруктів у геліосушарці. На їхній основі побудовані гістограми енергетичних, кінетичних та динамічних параметрів процесу сушіння фруктів для визначення тривалості сушіння, оцінки якості висушуваного матеріалу та робочих характеристик геліосушарки.

#### **Список використаних джерел**

1. Korobka S., Boyarchuk V., Babych M., Krygul R. Results of research into kinetic and energy parameters of convection fruit drying in a solar drying plant. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 6. Issue 8 (96). P. 74 – 85 (DOI: 10.15587/1729-4061.2018.147269, www.jet.com.ua).

2. Korobka S., Babych M., Krygul R., Shapoval S, Tolstushko N., Tolstushko M Results of experimental researches into process of oak veneer drying in the solar dryer. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol 2, №8 (98) P. 13-22. (DOI: 10.15587/1729-4061.2019.162948, www.jet.com.ua).

3. Serhii Syrotiuk, Valerii Syrotiuk, Boris Boltianskyi. Hybrid system of power supply with application of wind and solar energy. ТЕКА. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2017. Vol. 17, No. 4, 37-44.



УДК 631. 330.32:115

## НАПРЯМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В АПК

Болтянська Н.І., к.т.н.,

Шокарев О.М., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Трансформація аграрного виробництва у світові інтеграційні процеси призвела до значних перетворень у сільському господарстві. Як показує світовий досвід прогресивний поступальний розвиток сільського господарства можливий на основі інноваційно-технологічного розвитку під впливом науково-технічного прогресу. Саме інноваційно-технологічний розвиток визначає рівень розвитку аграрного сектора економіки. Найважливішою умовою дотримання агротехнологій є технічне забезпечення аграрного виробництва. На сучасному етапі, у період трансформаційних перетворень аграрного сектора економіки, гостро постало питання забезпечення продовольчої безпеки держави та виходу з вітчизняною продукцією на зовнішні ринки [1-3].

Сучасний розвиток аграрного виробництва визначається спроможністю вчасно і якісно забезпечити агротехнічні вимоги вирощування сільськогосподарських культур. Розвиток сільського господарства у значній мірі залежить від технічного забезпечення, що характеризується кількістю технічних засобів, їх продуктивністю та якістю, відповідністю екологічним вимогам, безпеки експлуатації та технологічною досконалістю виробництва.

Автоматизація технологічних процесів – це етап комплексної механізації, що характеризується звільненням людини від безпосереднього виконання функцій управління технологічними процесами і передачею цих функцій автоматичним пристроям. При автоматизації технологічних процесів отримання, перетворення, передача і використання енергії, матеріалів і інформації виконуються автоматично за допомогою спеціальних технічних засобів і систем управління [4-6].

Істотними тенденціями сучасного сільськогосподарського виробництва є, з одного боку, постійне зростання його масштабів, підвищення кількості і якості сільськогосподарських продуктів, з іншого – прогресуючий дефіцит робочої сили, непопулярність монотонної і важкої фізичної ручної праці в рільництві і тваринництві.

Найважливішим, а часто і єдиним засобом вирішення протиріч між ними є комплексна механізація і автоматизація виробництва. Завдяки механізації і автоматизації різко зростає продуктивність праці.



Питання комплексної автоматизації мають велике народно-господарське значення, тому що їх впровадження гарантує економічний ефект. В АПК України досить актуальним є напрямок часткової або навіть повної автоматизації технологічних процесів з використанням при цьому альтернативних (біоенергетика) енергоносіїв [7,8].

Залежно від обсягу завдань, автоматизація класифікується так:

– часткова, що передбачає автоматизацію окремих технологічних процесів, пристроїв, елементів обладнання;

– комплексна – провадиться на ділянці, у бригаді, в цеху, підприємстві, які функціонують як єдиний взаємопов'язаний комплекс; при цьому автоматизацією охоплені основні виробничі функції підприємства, відділення;

– повна – передбачає передачу всіх функцій управління і контролю виробництвом автоматичній системі управління. При розробці систем автоматизації кожний технологічний процес, машина, устаткування, апарат, що підлягає автоматизації, називаються об'єктами автоматизації. Об'єкт автоматизації можна розглядати як деякий базис, а всі інші елементи системи як надбудову. В сільському господарстві це: технологічні процеси (створення мікроклімату, приготування та роздача кормів, сушіння та очищення продукції, стабілізація рівня рідин), окремі механізми та апарати (стабілізація частоти обертання робочих машин, забезпечення завантажування дробарок та ін.) [9,10]

В АПК України, як показують дослідження, найбільш сприятливі умови для автоматизації забезпечуються для стаціонарних процесів у тваринництві, закритому ґрунті, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції. Останнім часом завдяки розвитку мікроелектроніки стала можливою автоматизація мобільної техніки (тракторів, комбайнів, сівалок). В АПК існують та є перспективними такі напрямки автоматизації (рис. 1):

1. Автоматизація технологічних процесів у рільництві: автоматизація зернопунктів, зерносушарок, автоматизація процесу активного вентилявання зерна, автоматизація мобільних процесів у рільництві.

2. Автоматизація технологічних процесів у закритому ґрунті: автоматизація управління мікрокліматом у теплицях, автоматичне управління концентрацією розчину мінеральних добрив, автоматичне управління підживленням рослин.

3. Автоматизація сховищ сільськогосподарської продукції: автоматизація мікроклімату в овочесховищах, фруктосховищах, автоматизація обліку, контролю і сортування сільськогосподарської продукції в сховищах.

4. Автоматизація технологічних процесів у птахівництві: комплекти обладнання для утримання промислового стада, управління та створення оптимального мікроклімату у пташниках (годівлі, освітлення,

збирання яєць, напування), автоматизовані технологічні лінії забою птиці.



Рис. 1. Перспективні напрямки автоматизації в АПК

5. Автоматизація технологічних процесів у тваринництві: автоматизація годівлі тварин, створення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях, автоматизація процесів видалення гною, доїння та первинної обробки молока.

6. Автоматизація кормовиробництва: автоматизація агрегатів для приготування трав'яного борошна, процесів гранулювання і брикетування кормів, комбікормових агрегатів.

7. Автоматизація процесів теплоенергозабезпечення: автоматизація котлоагрегатів, електричних водонагрівників, електрокалориферних установок, теплогенераторів, холодильних установок.

8. Автоматизація водопостачання і зрошення: автоматизація водонасосних установок, гідромеліоративних технологічних процесів.

Енергооснащення сільського господарства в Україні становить 442 к.с. на 100га посівної площі, енергоозброєність – 33,6. Для порівняння у США ці показники становлять відповідно 524 і 141 к.с. Якщо відставання за енергооснащеністю незначне, то за енергоозброєністю працівників – суттєве. Частка енергоносіїв у вартості продукції стала домінуючою. Так, наприклад, у структурі собівартості 1 год. роботи тракторів вартість паливно-енергетичних ресурсів перевищує 50%, частка енергетичних ресурсів у структурі промислової продукції та послуг, що закуповуються сільгосппідприємствами, складає 35%. Зменшення об'ємів виробництва і висока вартість енергії та палива спричинила різке зменшення споживання енергоресурсів.

Для зменшення енергоємності сільськогосподарських операцій і енергозабезпечення виробництва відносно дешевою енергією і пали-

вом пропонується впровадження таких заходів: впроваджувати енергозберігаючі технології; впроваджувати технічні засоби енергозабезпечення та енергетичну оцінку окремих сільськогосподарських машин, машинно-тракторних агрегатів, як при виконанні технологічних операцій, так і окремо, як технічних засобів.

На сьогодні більшість методів оцінки направлені на раціональне використання техніки, на зменшення її кількості і на мінімізацію затрат праці і енерговитрат у вигляді паливо-мастильних та інших технологічних матеріалів – добрив, пестицидів тощо. При цьому передбачається, що в господарстві є певний набір тракторів, сільськогосподарських машин, який дозволяє вибрати оптимальний варіант для певної операції, за певної технологічної ситуації, налагодити облік витрат енергії й палива, автоматизувати режими роботи енергоємних систем, технологій і установок виробництва тепла, використовувати поновлювальні джерела енергії (біомасу, енергію сонця і вітру тощо).

На даному етапі ринкових відносин, коли ціни на техніку формуються за певними законами ринку, і тому одна і та ж машина однієї марки і одного і того ж року випуску може мати різну ціну в залежності від регіону, постачальника тощо. Порівняння з існуючою технікою, наприклад в господарстві, досить складне, і вибрати із запропонованих варіантів ринку теж не просто. Тим паче в більшості рекламних характеристик на машини приведені тільки дані в основному за продуктивністю і витратами пального. Головного показника для технологічного процесу – якості – немає. Немає і енергетичної оцінки техніки в цілому залежно від її фізичної ваги, оснащеності, комфортності і т.п. І хоч існуючі нормативи такої оцінки теж не можуть бути стабільними в зв'язку з постійними вдосконаленнями техніки, все ж ці зміни менш динамічні в порівнянні з грошовою оцінкою [11]

Тому пропонується визначення по кожній машині, по кожному трактору і по агрегату, в цілому, ввести такий показник збереження як коефіцієнт енергетичності операції, який визначається як відношення енергетичності на одиницю площі по машині, агрегату до нормативної енергоємності по відповідному типу машин. Енергоємність машини (агрегату) за існуючими методиками рахується за всіма складовими на 1 га в Дж, включаючи енергію, що витрачена на виробництво енергозасобу, зчіпки і сільськогосподарської машини та енергію паливо-мастильних та інших технологічних матеріалів [12].

Саме впровадження різного роду автоматизації і дає змогу раціоналізувати і зменшити затрати енергії в АПК, що є дуже важливою передумовою його розвитку. Вагомим резервом зменшення витрат електроенергії у сільському господарстві є впровадження частотно-регульованого електроприводу і компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ).

У сільському господарстві електропривод споживає 70% електроенергії від загальної кількості. Кількість регульованих електроприводів на виробництві США сягає 40% (в Україні 2%), що дозволило зменшити витрати електроенергії на 20%. Тому впровадження таких систем дозволяє на 20–30% зменшити витрати електроенергії, на 10–20% – сировини і матеріалів, підвищити якість виробництва і переробки сільськогосподарської продукції.

Українські електро- та машино-будівельні підприємства м. Харкова і м. Запоріжжя та Інститут електродинаміки НАН України виготовляють частотно-регульовані електроприводи (типу РЕМ). Окрім цього, на ринку України є достатня кількість частотних перетворювачів фірм Німеччини, Франції та Японії. Однією з найбільш проблем вітчизняної енергетики є нерівномірність споживання електричної енергії протягом доби, у робочі та вихідні дні тижня, у різні сезони року, а також майже повна відсутність маневрових енергогенеруючих потужностей, вкрай необхідних для ефективного покриття потреб в електроенергії, особливо пікового попиту на неї.

Це обумовлює примусове обмеження щоденного споживання, особливо сільських районів. Тому тут необхідно практикувати управління енерговикористання. Полягає воно в зміщенні часу підключення енергоємних споживачів у позапікові режими роботи енергосистеми, а при можливості й у нічний час. Цей процес стимулюється державою шляхом впровадження тарифів диференційованих за періодами часу. Встановлені тарифні коефіцієнти, а саме: нічний період – 1,02; піковий період – 1,8. Таким чином, при споживанні електроенергії у нічний період її вартість в 7,2 рази менша, ніж у піковий, і в 4 рази менша, ніж у напівпіковий періоди. Зараз актуальним є використання різного роду генераторних установок для виробництва електроенергії.

Перевага газодизельних електростанцій порівняно з дизельними:

- скорочуються витрати дизельного палива на 70–90% при повній потужності, за рахунок заміни його газовим паливом;
- зменшуються на 25% загальні викиди шкідливих речовин і в 2–3 рази димність відпрацьованих газів;
- можливість роботи за газодизельними і дизельними циклами з практично однаковою або навіть дещо вищою при газодизельному циклі потужністю;
- збільшення майже в 3 рази терміну служби моторного масла;
- зменшення шуму при роботі двигуна;
- простота переобладнання.

Одним із важливих напрямів енергозабезпечення є використання біовідходів рослинництва як енергетичних ресурсів.

Досвід Данії показав високу ефективність котелень і електростанцій, які використовують солому в якості палива. В Україні надлишок соломи та стебел усіх культур складає 21,1 млн. т. Однак, використання

біомаси в енергетичних цілях масово тільки починається, тобто біоенергетика проходить своє становлення та розвиток. За останній час виконано декілька демонстраційних проектів у області біоенергетики.

Установки, впроваджені в рамках цих проектів, є першим сучасним великомасштабним біоенергетичним обладнанням у нашій країні. Зокрема це результат технічної допомоги з боку Голландії. Встановлено два парових котли: потужністю 5 МВт на підприємстві по виробництву клеєної фанери "ОДЕК Україна" в м. Оржів Рівненської області; потужністю 1,5 МВт – у Малинському держлісгоспі-технікумі Житомирської області. Успішно виконаний датсько-український проект технічної допомоги, в рамках якого в с. Дрозди Київської області встановлений і введений в експлуатацію котел потужністю 980 кВт для спалювання соломи.

Перспективним напрямом є енергетичне використання біомаси в технологічних агрегатах, перш за все в сушарках. Досвід реалізації тепла генераторів, які використовують органічні відходи, показує високу рентабельність подібних технологій при сушінні деревини. Ефективне використання енергетичних котлів потребує розробки технологій підготовки біопалива, систем автоматичного управління процесом спалювання та спеціальних (керамічних) матеріалів камери згорання. При застосуванні котлів вітчизняного виробництва, наприклад Житомирських КРГ, термін окупності складає приблизно два роки.

При застосуванні комплексного підходу щодо забезпечення автоматизації в АПК України з використанням альтернативних енергоносіїв можна значно знизити енергоємність технологічних операцій, а як наслідок це відобразиться і на собівартості продукції агропромислового комплексу. А використання інноваційних методів і засобів при цьому, дає змогу нам говорити про високу якість кінцевої продукції.

### *Список використаних джерел*

1. Komar A. S. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production". 2019. Uman. 18-20.

2. Boltyanska N. I. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.

3. Болтянська Н.І. Наслідки неправильної переддоїльної стимуляції вимені високопродуктивних корів. Мат. VI-ї наук. -техн. конф. «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». Глеваха, 2018. С. 11-13

4. Boltyanskaya N. I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.



5. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N., Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.

6. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158.

7. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll. scientific-works of Intern. Research Practice Conf. “Topical issues of development of agrarian science in Ukraine”. Nizhin, 2019. Pp. 84–91.

8. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. TDATU Scientific Bulletin. 2018. Issue 8. Vol. 2. Pp. 44–56.

9. Boltyansky B., Boltyansky O. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.

10. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.

11. Boltyanskaya N. I. The creation of optimal microclimate parameters in the conditions of growing shortage of energy in the pig industry. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kiev. 2016. Vol. 254. 284-296.

12. Скляр Р.В., Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

УДК 631.95: 631.3.06

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМУ РОБОТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА НА ПОКАЗНИКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Мітков В.Б., к.т.н.

Ігнат'єв Є.І., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми.** Забезпечення екологічної безпеки в сільськогосподарському виробництві набуває особливої актуальності у зв'язку з постійним розвитком агропромислового комплексу і, як наслідок, посиленням шкідливого впливу на навколишнє середовище. Надзвичайно сильний вплив на канцерогенну небезпеку відпрацьованих газів мобільних засобів надає технічний стан двигуна внутрішнього згоряння.

**Аналіз останніх досліджень.** Кожен з компонентів відпрацьованих газів має свої особливості протікання фізичних та хімічних процесів утворення та розкладання. Знаючи склад ВГ, можна з високою ступеню ймовірності проаналізувати характер процесу горіння. При цьому слід враховувати не тільки абсолютні значення концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах, але і характер їх змін в залежності від режиму роботи або регулювання. Наприклад, зниження емісії NOx при підвищенні навантаження характеризує момент різкого поліпшення сумішоутворення, що приводить як до зниження температури в зоні горіння в зв'язку з інтенсифікацією процесу сажоутворення, так і до нестатку кисню в зоні продуктів згоряння. Науково-методичною основою оцінки перелічених факторів є системний підхід до вирішення екологічних проблем, що виникають при експлуатації МТА та інших сільськогосподарських енергетичних засобів. В даний час відомі [1,2,3] дослідження, які розглядають питання впливу техніки на погіршення стану ґрунту, а також роботи, які вивчають погіршення екологічної безпеки від шкідливих викидів ДВЗ.

**Метою** є розробка науково-методологічних основ з вибору критеріїв оцінки екологічної безпеки роботи дизельного двигуна енергетичного засобу.

**Основні матеріали.** Як нами вже визначено раніше, до основних забруднюючих та отруйних речовин, які підлягають найбільш суворому контролю, належать: чадний газ (CO); оксид азоту (NOx); вуглеводні речовини (СН).

Для визначення кількості шкідливих речовин у навколишнє середовище, нами прийнято для аналізу один з найбільш розповсюджених на території півдня України трактор серії ХТЗ з двигуном ЯМЗ-236М2.

Оцінку рівня викидів основних забруднюючих та отруйних речовин в ВГ можна визначити за допомогою регуляторної характеристики двигуна в залежності від режиму роботи цього двигуна. Для наочності потрібно побудувати регуляторну характеристику двигуна ЯМЗ-236М2. Відповідні необхідні для цього розрахункові параметри представлено в табл. 1.

Таблиця 1 – Параметри для побудови регуляторної характеристики

$n_d / n_{дн}, об/хв$	1,06	1,03	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
$n_d, об/хв$	2226	2163	2100	1890	1680	1470	1260	1050
$N_e, кВт$	0	60,75	121,5	124,74	116,75	105,4	91,7	76,25
$M_k, Нм$	0	276,2	552,5	630,3	663,70	685,3	695,3	693,5
$G_T, кг/ч$	6,38	13,8	21,26	21,06	19,41	17,63	15,73	13,67
$g_e, г/кВт.ч$	455	227,5	175,00	168,87	166,25	167,12	171,5	179,37

Оскільки нами в другому розділі за допомогою апроксимації було знайдено теоретичні залежності зміни кількості CO, NOx та СН в залежності від завантаженості двигуна, то загальна кількість викидів представлена в таблиці 2.

Таблиця 2 – Залежність викидів дизельного двигуна від його потужності

<b>Потужність, кВт</b>	0	47,2	94,4	96,9	90,7	82,0	71,3	59,3
<b>CO, г/м<sup>3</sup></b>	1,110	1,288	1,823	1,862	1,768	1,648	1,516	1,391
<b>СН, г/м<sup>3</sup></b>	0,523	0,620	1,230	1,272	1,171	1,036	0,885	0,738
<b>NOx, г/м<sup>3</sup></b>	0,250	2,539	2,278	2,103	2,496	2,852	3,014	2,898

За допомогою ЕОМ та програми Ексел можна представити регуляторну характеристику дизельного двигуна з зображеними графіками викидів CO, NOx та СН (рис. 1 - рис. 4).

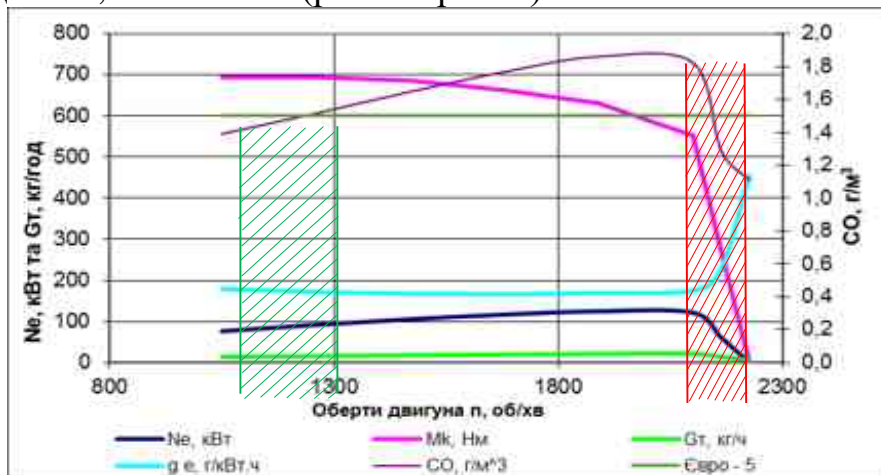
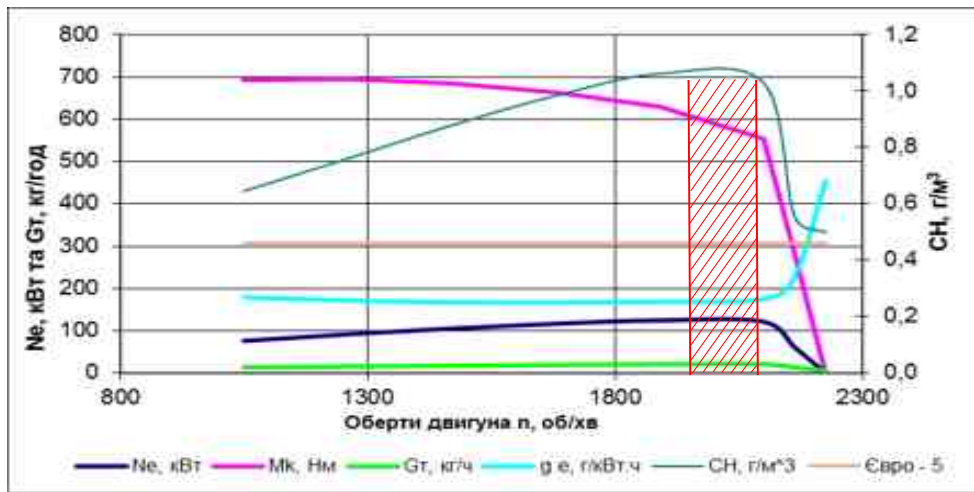


Рис. 1 – Залежність викидів CO від режиму роботи двигуна:

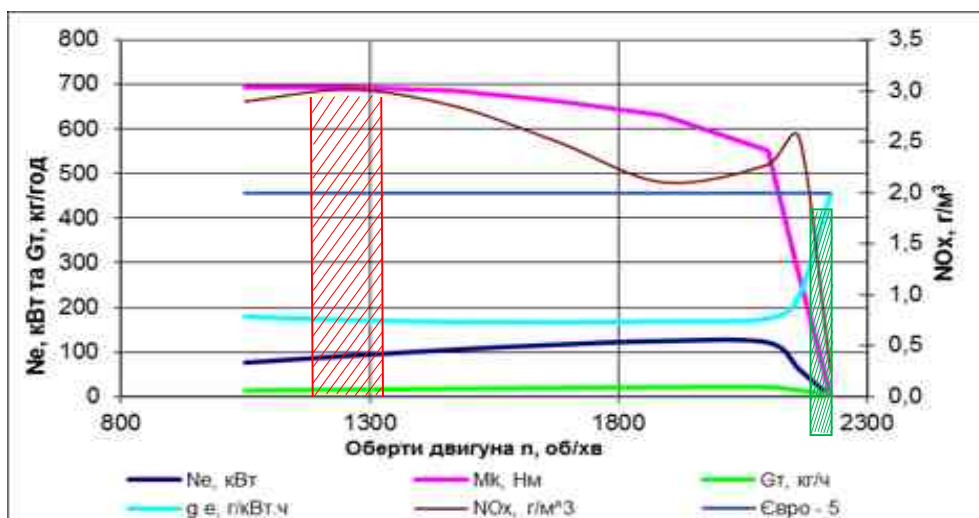
- діапазон максимальної кількості викидів CO;
- діапазон допустимої кількості викидів CO по стандартам екологічної безпеки Євро – 5.

На рис. 1 відображена область, на якій показаний режим роботи

двигуна: його потужність, кількість оборотів, витрата палива, який відповідає екологічному стандарту Євро - 5 для CO, також вказано діапазон максимальних викидів чадного газу. Отримали режим роботи двигуна трактора до 1250 об/хв, де його викиди чадного газу підходять під стандарт екологічної безпеки.



**Рис. 2** Залежність викидів СН від режиму роботи двигуна:  
  - діапазон максимальної кількості викидів СН.

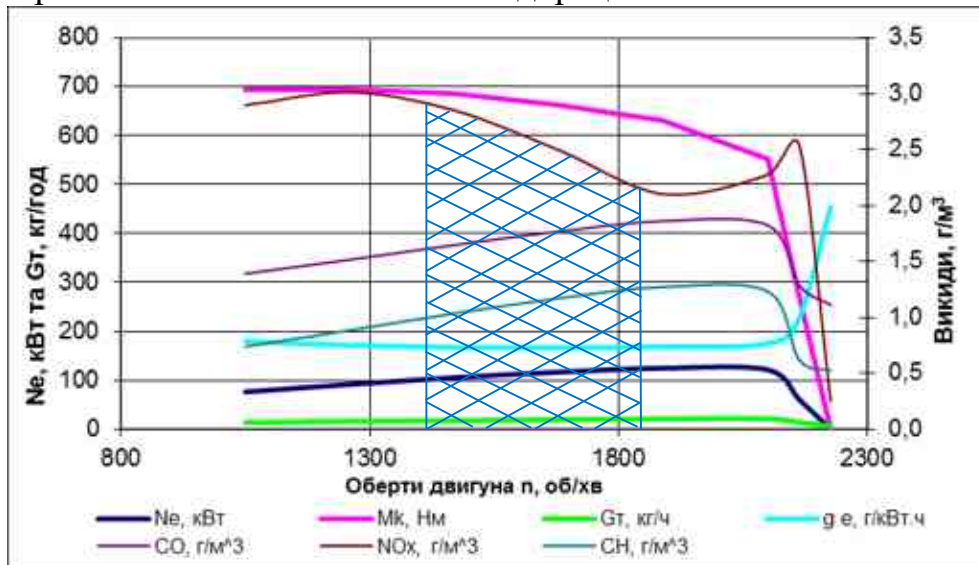


**Рис. 3** Залежність викидів NOx від режиму роботи двигуна  
  - діапазон максимальної кількості викидів;  
  - діапазон допустимої кількості викидів NOx по стандартам екологічної безпеки Євро – 5.


На рис. 2 - 3 ми бачимо, що стандарти Євро-5 СН та NOx досить високі, і ми не можемо їм відповідати на тих режимах роботи мобільних засобів, які є прийнятними для екологічної безпеки.

На рис. 4 показана зона, яку ми приймаємо як оптимальну для роботи трактора з екологічної точки зору. Так як показники чадного газу та

вуглеводних речовин починають зростати, при цьому трохи перевищуючи свої параметри, а показник оксиду азоту спадає, тим самим компенсуючи зростання інших компонентів відпрацьованих газів.



**Рис. 4.** Загальна залежність викидів CO, CH, NOx від режиму роботи двигуна

 - діапазон оптимальної роботи мобільного засобу з точки зору кількості викидів CO, CH, NOx.

**Висновок.** Оптимальний режим роботи двигуна ЯМЗ-236М2, з екологічної точки зору, прийнятий 1450-1850 об/хв. При цьому витрати палива не збільшуються на цьому режимі роботи. Зі збільшенням навантаженості та обертів двигуна ЯМЗ-236М2 відбувається зростання викидів CO та CH, аж до номінального режиму роботи двигуна. Кількість у вихлопних газах сполук NOx, для тих же умов, зменшується до 1890 хв<sup>-1</sup>. При таких обертах двигун може розвинути максимальну потужність 124,7 кВт, що складає 96,93% від номінального значення 128,7 кВт.

#### Список використаних джерел

1. Мітков В.Б., Мітков Б.В., Кувачов В.П., Рубанський В.В. Екологічні наслідки науково-технічного прогресу. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2012. Вип. 12. Т. 5 с. 80-90.
2. Мітков В.Б., Мітков Б.В., Захаров К.Ю. Аналіз забруднення довкілля сільськогосподарською технікою. Збірник наукових праць магістрантів та студентів Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2015. Вип. 15. Т. 1. С. 77-72.
3. Мітков В.Б., Кувачов В.П., Ігнат'єв Є.І. Вплив та екологічна оцінка рівня шкідливих речовин відпрацьованих газів дизельних двигунів в залежності від режимів роботи МТА. Вісник Українського відділення МААО. Мелітополь. ТДАТУ. Вип. 4. 2016. С. 78-88.



УДК 631.3–192:662.63

**РОЗПОДІЛ ЕНЕРГІЇ В ПРОЦЕСІ ТЕРТЯ І ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛІВ І АГРЕГАТИВ**

Журавель Д.П., д.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Основним недоліком сучасної теорії тертя, змащування і зношування пар тертя вузлів і агрегатів, що спонукало постановку даної роботи, є слабкий зв'язок аналітичних і експериментальних результатів із властивостями речовин, зношування матеріалів і змащування поверхонь тертя. У задачу дослідження входило обґрунтування процесів, які відбуваються при дії абразиву на поверхневу структуру металів пар тертя, на прикладі сірих чавунів, вузлів і агрегатів в середовищі БПММ.

Тверде тіло руйнується, якщо кристалічна решітка перестає при навантаженні поглинати енергію, яка підводиться ззовні. Це означає, що даний об'єм металу насичений енергією граничної величини, яка визначається силами зв'язку в його кристалічній решітці.

Енергія вдавлення індентора в поверхню металу. Оскільки процеси вдавлення індентора твердоміра при вимірюванні твердості і проникненні шорсткості контртіла в поверхневі шари металу аналогічні, можна вважати, що здатність сплаву до опору зближення поверхонь контролюється тими ж властивостями, які характеризують його твердість.

Знаючи твердість робочої поверхні сплаву після тертя, можна визначити роботу, яку потрібно зробити при вдавлюванні індентора на глибину зносу за один робочий цикл. Якщо прийняти, що проникнення індентора в поверхню відбувається в результаті подолання опору з боку металу, чисельно рівного твердості, то витрачена при цьому енергія вдавлення:

$$E_{вд} = H \cdot \Delta h \cdot S, \quad (1)$$

де  $H$  - твердість поверхневого шару металу після тертя;  $\Delta h$  – глибина вдавлення індентора в метал (величина зносу за один робочий цикл);  $S$  – площа перетину індентора на глибині вдавлення в метал на величину, рівну зносу за один робочий цикл.

$$S = \pi \Delta h (2r - \Delta h) \quad (2)$$

При радіусі індентора  $r = 1$  мм і малій глибині вдавлення за один робочий цикл (зазвичай  $\Delta h = 1,27 \cdot 10^{-5} \dots 1,3 \cdot 10^{-4}$  мм); при цьому вираз в дужках може бути прийнято рівним  $2r$ . Таким чином:

$$E_{вд} = 2\pi H \Delta h^2 r \quad (3)$$

Енергія зародження і розвитку тріщин. При переміщенні індентора по поверхні деталі відбувається деформація металу і утворення мікротріщин. Подальший розвиток мікротріщин призводить до руйнування поверхневих мікрооб'ємів, що і складає акт зношування. Тріщини зароджуються по лінії, що відповідає наприклад проекції на вертикальну вісь тієї частини індентора радіусом  $r$ , яка занурена в метал, тобто:

$$l = 2 \pi \alpha r / 360,$$

де  $\alpha$  - центральний кут, град. При  $r = 1$  і величиною зносу за один цикл від  $1,27 \cdot 10^{-5}$  до  $1,3 \cdot 10^{-4}$  мм, величина  $l$  знаходиться в межах діаметра зерна сталі, приблизно дорівнює 0,125 мм. Формально тріщина може бути інтерпретована як скупчення  $n$  крайових дислокацій з вектором Бюргерса  $b$ . Відповідно до даних [1], енергія мікротріщин  $E_{tr}$  шириною  $H = nb$  і довжиною  $l$  становить:

$$E_0 = \frac{n^2 b^2 E}{4\pi(1-\mu)\ln\left(\frac{4R}{l}\right)} + 2E_y l - \frac{\pi(1-\mu)l^2 \sigma^2}{8E} - \sigma n b l \quad (4)$$

де  $E$  - модуль пружності;  $R$  - протяжність поля напружень від вершини тріщини;  $E_p$  - ефективна поверхнева енергія;  $\sigma$  - прикладені напруження, призводять до утворення і розвитку тріщин;  $\mu$  - коефіцієнт Пуассона.

Перший член у виразі характеризує енергію  $E_{zt}$ , необхідну для утворення тріщини, і відповідає відомому критерію зародження тріщин Гріффітса. Другий член являє собою енергію, яка витрачається на створення двох нових поверхонь. Третій член  $E_y$  - пружна енергія тріщини в полі прикладених напружень. Енергія пружної деформації поверхнього шару зношуемого металу зосереджена в тих викривлення кристалічної решітки, які після зняття навантаження реалізуються при відновленні форми і розмірів. Четвертий член у виразі - робота  $E_{rt}$ , вироблена прикладеним напруженням при розкритті тріщини.

При модулі зсуву  $G$  і векторі Бюргерса  $b$  справжня поверхнева енергія становить  $E_0 = 0,1 G b$  [1-3]. Площа поверхні утворює тріщини

$$2 S = 2 n b l.$$

Скупчення дислокацій, що утворюють тріщину, може бути прийнято  $n = 500$ . Таким чином, справжня поверхнева енергія тріщини:

$$E = 10^2 G b^2 l, \text{ Дж} \quad (5)$$

Енергія руйнування карбідів. Значна крихкість і мала здатність до пластичної деформації дозволяє застосувати відому методику [4-6] до розрахунку величини енергії, потрібної для руйнування карбідів, боридів, нітридів і оксидів в зносостійких сплавах.

Для плавлення, тобто порушення міжатомних зв'язків в матеріалі, нагрітому до температури плавлення, коли його кристалічна решітка

гранично перекручена внаслідок теплових коливань атомів, необхідно підведення додаткової теплової енергії, яка визначається схованою теплотою плавлення. При механічній деформації порушення міжатомного зв'язку в гранично спотвореній кристалічній решітці відбудеться при повідомленні йому енергії, чисельно дорівнюємій величині прихованої теплоти плавлення. Оскільки деформація при терті відбувається зазвичай при температурі, меншій, ніж температура плавлення, то величину енергії, яка витрачається на руйнування міжатомних зв'язку (плавлення), можна визначити по рівнянню Кірхгофа, що описує зміну теплоти реакції (плавлення, поліморфних перетворень і т.д.) з температурою:

$$L_u = L_{пл} - \int_{T_u}^{T_{пл}} \Delta C_p dT \quad (6)$$

де  $L_u$  - прихована теплота плавлення при температурі тертя;  $T_u$  - температура тертя;  $T_{пл}$  - температура плавлення;  $\Delta C_p$  - різниця питомих теплоємностей в рідкому стані і при температурі тертя.

Оскільки теплові коливання атомів сприяють порушенню міжатомних зв'язків, енергія, що витрачається на здійснення цього процесу в гранично спотвореній кристалічній решітці, буде визначатися:

$$E_p = L_u - \int_0^{T_u} \Delta C_p dT \quad (7)$$

де  $\int_0^{T_u} \Delta C_p dT$  - енергія теплових коливань атомів

Таким чином, при механічному навантаженні питома енергія порушення міжатомних зв'язків в об'ємах матеріалу з граничними статистичними спотвореннями складе:

$$E_p = L_{пл} - \int_{T_u}^{T_{пл}} \Delta C_p dT - \int_0^{T_u} \Delta C_p dT \quad (8)$$

Прихована енергія деформації при терті. У процесі пластичної деформації металу під впливом взаємодії нерівностей частина механічної енергії переходить в тепло, частина витрачається на подолання сил міжатомних зв'язків і утворення нових поверхонь і частина акумулюється в металі.

Величина поглиненої (латентної) енергії близька до енергії дислокацій. Причому зі збільшенням ступеня пластичної деформації величина акумулюємої металом енергії зростає, підвищуючи його внутрішню енергію. Чим більшою здатністю запасати енергію, яка підводиться має сплав в даному структурному стані, тим вище повинен бути його опір руйнуванню при терті.

Прихована енергія деформації при терті складається з величини енергії, зосередженої в дислокаціях, точкових дефектах, дефектах упаковки і залишкових напружень, що утворилися в процесі тертя, а також з енергії утворення мартенситу деформації і виділення нових фаз.

Внесок в приховану енергію деформації від дислокацій відбувається як за рахунок енергії, безпосередньо пов'язаної з енергією спотворення кристалічної решітки від одиначної дислокації, так і за рахунок енергії взаємодії дислокацій один з іншим, з конденсованими атмосферами розчинених атомів і інших видів взаємодії. Енергія дислокацій залежить від характеру розташування дислокацій і відстані між ними. Це призводить до неоднорідного розподілу прихованої енергії деформації в деформованому об'ємі. Якщо прихована енергія деформації в локальному об'ємі досягне граничної для даного металу величини, то саме в цих обсягах виникне тріщина.

Енергія дислокацій. Величина енергії, що витрачається на збільшення щільності дислокацій в даному об'ємі, може бути визначена по різниці щільності дислокацій до і після тертя:

$$E_{\rho} = \Delta\rho E'_{\rho} V_{\rho}, \quad (9)$$

де  $\Delta\rho$  - приріст щільності дислокацій в робочому об'ємі металу після тертя;

$$\Delta\rho = \int_0^{l_{\Delta\rho}} f(l_{\rho}) dl_{\rho} \quad (10)$$

$E'_{\rho}$  - енергія одиначної дислокації;  $V_{\rho}$  – об'єм поверхневого шару, в якому відбувається збільшення щільності дислокацій.

Наявність дислокацій в кристалі призводить до появи в ньому деформацій, напруг і, отже, до збільшення запасеної пружної енергії. Пружна енергія одиначної дислокації  $E$  на одиницю довжини визначається по співвідношенню [7-9]:

$$E'_{\rho} = \frac{\left(\ln\frac{r_1}{r_0} - l_{\text{я}}\right)Gb^2}{4\pi(1-\mu)} \quad (11)$$

де  $G$  - модуль зсуву;  $b$  - вектор Бюргерса;  $\mu$  - коефіцієнт Пуассона;  $r_0, r_1$  - зовнішній і внутрішній радіуси силового поля одиначної дислокації;  $r_1$  може бути прийнятий від 50 нм до 2 мкм; радіус ядра дислокації  $r_0$  може бути прийнятий від 8 нм до  $b/3$ ;  $l_{\text{я}}$  - енергія ядра дислокації приймається рівною 10% від  $E'_{\rho}$ ;  $f(l_{\rho})$  – характер розподілу додаткової щільності дислокацій;  $l_{\rho}$  - глибина робочого шару.

З вищевказаного отримаємо:

$$E_{\rho} = \frac{Gb^2}{4\pi(1-\mu)} \ln\left(\frac{r_1}{r_0} - l_{\text{я}}\right) V_{\rho} \int_0^{l_{\rho}} f(l_{\rho}) dl_{\rho} \quad (12)$$

Точний розрахунок енергії взаємодії дислокацій поки неможливий, так як її величина і знак залежать від важко визначаємих характеристик відстані між дислокаціями і наявності сегрегації на дислокаціях. Наближена оцінка енергії взаємодії дислокацій з різних літературними

даних дорівнює для металів приблизно від 1 до 5 еВ на одну міжатомну відстань. Внесок цього процесу в загальну енергоємність металів може досягати значних величин.

Енергія виділення нових фаз. При деформації поверхневих шарів металу з твердого розчину поверхневої зони відбувається виділення дисперсних фаз.

Знаючи загальну кількість карбідів, що виділяються в результаті деформації, можна оцінити витрати енергії на здійснення цього процесу при терті. Якщо  $V$  – об'єм металу, в якому відбувається виділення карбідів при терті;  $k$  - максимальна кількість карбідів, що виділилися на поверхні;  $k = f(l)$  - характер розподілу карбідів, які виділилися по глибині шару  $l$ , то кількість енергії, що витрачається на виділення нових фаз, може бути визначено виразом:

$$E_k = E_k V f(l) dl, \quad (13),$$

де  $E$  - питома енергія виділення карбідів;  $E \approx 4,2$  кДж / моль.

Енергія утворення мартенситу деформації. Під впливом індентора в процесі тертя в металі з вихідною аустенітною структурою може відбуватися утворення мартенситу деформації.

Для утворення кристалів мартенситу необхідні витрати енергії на пружну і пластичну деформації, утворення поверхні частинки і відрив решіток мартенситу і аустеніту. Джерело цієї роботи - різниця вільних енергій вихідної та кінцевої фаз. Кількість енергії, витраченої на мартенситні перетворення в процесі тертя, може бути визначене:

$$E = E V f(l) dl, \quad (14)$$

де  $E$  - енергія, необхідна на освіту 1 благаючи мартенситу,  $E = 2,1$  кДж / моль;  $V$  - об'єм металу, в якому відбувається утворення мартенситу деформації при терті, визначається за експериментальними результатами рентгеноструктурного аналізу;  $M = f(l)$ ,  $M$  - кількість мартенситу деформації на поверхні, зафіксоване рентгеноструктурним аналізом;  $M$  – розподіл мартенситу деформації по глибині  $l$  робочого шару, в якому рентгеноструктурним аналізом відзначаються мартенситні перетворення.

Енергія залишкових напружень, що виникають в поверхневих шарах сплавів при терті. У процесі тертя в робочому шарі сплавів під впливом шорсткостей відбуваються структурні перетворення, що супроводжуються об'ємними змінами, які викликають появу залишкових напружень. Крім того, в поверхневому шарі металу при його деформації створюються напруження за рахунок спотворень кристалічної решітки. Механічна енергія, яка накопичена в металі в процесі деформації, являє собою потенційну енергію зміщення атомів з їх рівноважного положення в кристалічній решітці. Сили, прагнуть повернути зміщені атоми в їх початкове положення, по суті є напруженнями.

Для подолання напружень стиску в поверхневій зоні необхідні певні витрати енергії. Кількісна оцінка впливу залишкових напружень в



поверхневому шарі на зносостійкість сплавів може бути виконана за величиною цієї роботи, яка визначається зі співвідношення:

$$A = (1 - 2\mu) (3\Delta\sigma)^2 / 6E \quad (15)$$

Якщо відомий приріст величини залишкових напружень на поверхні деталі,:

$$\Delta\sigma = \int_0^{l_\sigma} f(l_\sigma) dl_\sigma, \quad (16)$$

то об'єм металу  $V_\sigma$ , в якому утворюються залишкові напруження при терті і характер їх розподілу по глибині робочого шару, то енергія, зосереджена в цих напруженнях, може бути визначена за формулою:

$$E_{\text{вн}} = \frac{1-2\mu}{6E} (3\Delta\sigma)^2 V_\sigma \int_0^{l_\sigma} f(l_\sigma) dl_\sigma \quad (17)$$

Характер розподілу мартенситу, карбїду і напружень в матеріалі можна визначати, використовуючи програми для ЕОМ, складеної на основі експериментальних даних.

Енергетичний метод дослідження дозволяє встановити розміри витрат енергії на здійснення явищ, що відбуваються в металах при їх взаємодії і таким чином оцінити питомий внесок кожного з них в опірність сплаву впливу контртіла при терті [10].

Енергоємність металу визначається сумарною величиною енергії, яка поглинається при взаємодії з нерівностями контртіла в процесі тертя:

$$E_M = 2\pi\Delta h^2 Hr \left[ \frac{n^2 b^2 E}{4\pi(1-\mu)\ln\left(\frac{4R}{l}\right)} \right] + 33E_0 - \frac{\pi(1-\mu)l^2\sigma^2}{8E - \sigma nbl} + \\ + (l_{\text{пл}} - \int_{T_u}^{T_{\text{пл}}} \Delta C_p dT - \int_0^{T_u} \Delta C_p dT) V_\rho + \\ E'_\rho V_\rho \int_0^{l_\rho} f(l_\rho) dl_\rho + E'_k V_k \int_0^{l_k} f(l_k) dl_k + E'_m V_m \int_0^{l_m} f(l_m) dl_m + \\ + \frac{(1-2\mu)(3\Delta\sigma)^2 V_\sigma \int_0^{l_\sigma} f(l_\sigma) dl_\sigma}{6E} \quad (18)$$

Енергоємність поверхневого шару має складну залежність (рис. 1) від величини сили деформації [11].

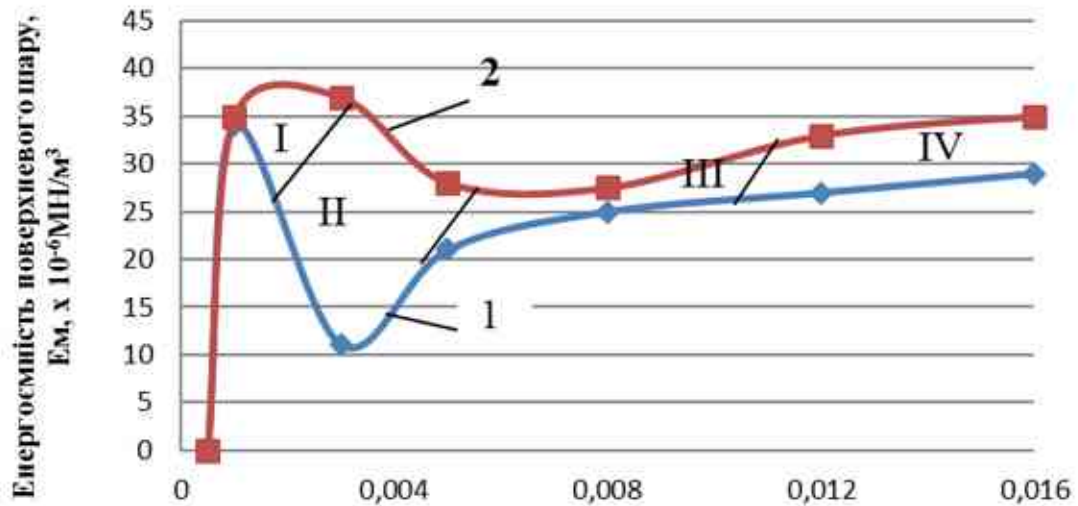
Весь графік залежності енергоємності поверхневого шару від сили деформації можна розбити на чотири зони:

I - зона пружної деформації зміцненого шару, отриманого шліфуванням зразків;

II - зона пластичної деформації зміцненого шару (наклепаного) шліфуванням зразків;

III - зона пружної деформації основного металу, початком цієї зони є розпушений шар металу, отриманий в результаті переміщення вакансій основного металу під дією зміцнення поверхневого шару шліфуванням:

IV - зона пластичної деформації основного металу.



#### Навантаження на абразивне зерно, Р, Н

1 – біологічна ріпакова олива; 2 – мінеральна олива М-10В<sub>2</sub>

**Рис.1. Залежність енергоємності поверхневого шару перлітної основи чавунів Ем від сили навантаження на абразивне зерно**

Стрибок графіка між першою і другою зонами характеризує глибину наклепаного шару. Цей графік відображає і напруженість поверхневого шару перлітної основи чавунів від сил деформації – сил зовнішньої дії. Руйнування поверхневих шарів стане можливо після такої кількості робочих циклів зношування, яке необхідно для накопичення енергії, яка дорівнює граничній її величині, здатній акумулюватися в сплаві даного складу і структури. Кількість робочих циклів, після скоєння яких відбувається руйнування, і визначає рівень зносостійкості матеріалу.

Таким чином, енергоємність поверхневих шарів металу є характеристикою, яка дозволяє оцінювати поверхневі шари по здатності накопичення деформації при дії абразивного зерна, а також оцінює їх здатність протистояти зношуванню в процесі абразивного зносу в різних середовищах ПММ. Енергоємність поверхневих шарів металу, будучи функцією сил деформації, дозволяє встановлювати межі силових характеристик вузлів тертя при абразивному зношуванні.

#### Список використаних джерел

1. Махкамов К.Х. Расчет износостойкости машин. Учебное пособие. Ташкент: ТашГТУ, 2002. 144 с.

2. Журавель Д.П. Моделирование процессов зміни кількісних і якісних показників моторних масел при їх використанні. *Праці ТДАТА*. Вип.2, т.14. Мелітополь, 2000. С. 37-40.

3. Журавель Д.П. Моделирование триботехнических процессов в сопряжениях автотракторных двигателей. Отраслевое машиностроение. *Труды ТГАТА*. Вып. 1, т.6. Мелітополь, 1998. С. 38-43.

4. Журавель Д. П. Методологія підвищення надійності сільськогосподарської техніки при використанні біопально-мастильних матеріалів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Тавр. держ. агротехнол. ун-т. Мелітополь, 2018. 44 с.

5. Журавель Д. П. Моделирование енергетичного балансу трибосистеми сільськогосподарської техніки в середовищі змащувальних матеріалів. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Вип. 1. Запоріжжя, 2013. С. 126-132.

6. Журавель Д. П., Юдовинський В.Б. Моделирование хімотологічних та триботехнічних процесів в спряженнях тертя. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2007. Вип. 7, т. 3. С. 30-38.

7. Журавель Д. П. Прогнозирование ресурса плунжерных пар топливных насосов. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць / КНТУ. Кіровоград, 2012. Вип. 25, т. 1. С. 46-49.

8. Журавель Д. П., Юдовинський В.Б., Коломоєць В.А. Экспериментальное моделирование процесса работы плунжерных пар ДВС. Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т механізації тваринництва УААН; Запоріжжя, 2012. Вип. 1(9). С. 195-199.

9. Журавель Д.П., Новік О.Ю., Бондар А.М., Петренко К.Г. Триботехніка. Курс лекцій з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 280 с.

10. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Херсон, 2017. Вип. 5. С.56-65.

11. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Вип. 5. Херсон, 2017. С.56-65.

УДК 631.363

**ДИАГНОСТИКА ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В РАБОЧЕМ РЕЖИМЕ**

Юрковец Ж.Г.

*Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Беларусь*

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что внедрение средств диагностирования является одним из важнейших факторов повышения экономической эффективности использования оборудования в промышленности [1]. Назначение диагностики – выявление и предупреждение отказов и неисправностей, поддержание эксплуатационных показателей в установленных пределах, прогнозирование состояния в целях полного использования ресурса [1].

Короткозамкнутые асинхронные электродвигатели - самые распространенные машины в приводах современных технологий. Оптимальному использованию таких электродвигателей препятствует их высокая повреждаемость. Ежегодно выходят из строя 20-25 % от общего количества установленных электродвигателей [2].

Возникающий, в связи с этим ущерб связан с простым технологическим оборудованием вследствие аварии двигателя. Дополнительно к прямым убыткам добавляются снижение электро - и пожаробезопасности, что связано с короткими замыканиями, которые могут присутствовать в обмотке статора или ротора поврежденного электродвигателя [3].

Проблема диагностики асинхронных двигателей состоит в необходимости создания универсального, простого метода определения технического состояния электродвигателей. Это позволит до минимума снизить ущерб от повреждений асинхронных двигателей, за счет раннего обнаружения возникающих дефектов [4]. Желательным условием является измерение диагностических параметров функционирующего привода без вывода двигателя из процесса производства и транспортировки его на специализированные стенды [5]. Исключением является диагностика после ремонта машин.

Электропривод сельскохозяйственного назначения в большинстве случаев построен на основе асинхронных трехфазных электродвигателей с короткозамкнутым ротором (АД) [4]. Распространенные технические средства защиты не обеспечивают диагностику состояния изоляции АД в рабочем режиме; причем в большинстве случаев повреждается межвитковая изоляция обмоток статора.

Основные виды повреждений - разрушение межвитковой изоляции, замыкание между обмотками и замыкание обмоток на корпус [5].

Перспективними являються способи діагностики асинхронних електродвигателів, заключаючися в измерении митовних значень токів в обмотках и напруги на зажимах електродвигателя, преобразовании их в напруги, пропорциональные току и напруги, регистрации полученных сигналов, а также в измерении тока утечки на корпус електродвигателя [5].

В предлагаемой схеме діагностики непрерывно измеряется напруга на корпусе електродвигателя относительно искусственной нулевой точки, полученной с помощью разделительного трансформатора. Если сопротивление изоляции обмоток статора асинхронного електродвигателя ниже допустимого, либо напруга на корпусе выше допустимого, либо ток утечки превысил допустимую величину, то формируют сигнал об аварии [4]. На рис.1 представлена схема контроля изоляции АД в рабочем режиме.

Перед каждым пуском електродвигателя определяется сопротивление изоляции и сравнивается с минимально допустимым значением, которое составляет 500 кОм [4].

Вывод: проблему повышения эксплуатационной надежности електродвигателей можно решить при условии непрерывной діагностики електродвигателя в рабочих режимах, что позволяет предупредить развитие повреждения при своевременно обнаруженных отклонениях контролируемых параметров [1].

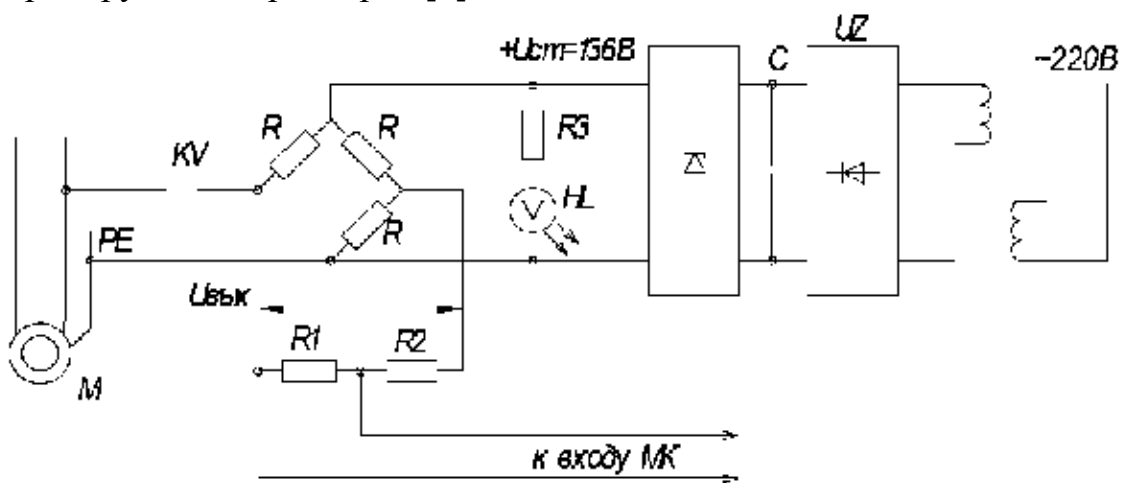


Рис. 1. Схема контроля изоляции АД перед пуском

Таким образом, задачи снижения уровня прямых и косвенных затрат в процессе эксплуатации асинхронных двигателей, повышения качества их діагностики, повышения их надежности актуальны на сегодняшний день в любой отрасли производства [1].

### Список литературы



1. Гончаров В.А. Диагностика изоляции обмоток асинхронных электродвигателей в рабочем режиме. Энергетика в АПК: сборник тезисов докладов студенческой научной конференции, Минск, 18-29 мая 2020г. Минск: БГАТУ, 2020. С. 36.

2. Полковниченко Д.В. Послеремонтная оценка технического состояния короткозамкнутых асинхронных электродвигателей. 2009.

3. Пономарев В.А. Комплексный метод диагностики асинхронных электродвигателей на основе использования искусственных нейронных сетей. Читинский государственный университет. Новости электротехники 2(68), 2011.

4. Голубева А.М. Анализ проблемы диагностики асинхронных двигателей с поврежденным короткозамкнутым ротором, 2007.

5. Жарков В.В. Разработка и исследование методов и средств диагностики электрических машин на основе измерения их полей рассеяния: Дис. к.т.н.: 05.11.01 Ульяновск, 2003.

УДК 621.34.62(83)

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ПЛАВНОГО ПУСКУ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН МОМЕНТ ОПОРУ ЯКИХ НЕ ЗАЛЕЖИТЬ ВІД ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ПРОГРАМОЮ ЕСО 8

Далека В.Х.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,

Гузенко В.В.<sup>2</sup>, асистент,

Тоберт М.Ю.<sup>2</sup>, студент

Мотайло М.С.<sup>2</sup>, студент

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків, Україна.

<sup>2</sup>Харківський національний технічний університет сільського господарства ім.П. Василенка, м. Харків, Україна.

**Постановка проблеми.** В сучасному господарстві пріоритетним напрямком є розвиток електротехнічного комплексу. На сьогоднішній день використовуються різні машини та агрегати: вентилятори, насоси, змішувачі, центрифуги, компресори, електротранспортери, конвеєри, сепаратори, підйомно-транспортні машини та ін. Як відомо, вони мають з точки зору механічних властивостей робочих машин різну динаміку [1]. При цьому, для вирішення поставленої мети, необхідно більш детально проаналізувати всі робочі машини в АПК і їх експлуатаційні властивості перехідних процесів при зміні навантаження.

Як показують дослідження на основі сучасних науково-технічних джерел, в тваринництві транспортні роботи складають 30 – 40 % всієї

праці на фермах. Це дає підставу для більш детального аналізу цих робочих машин в АПК. Із машин безперервного транспорту найбільше розповсюджені установки с гнучким тяговим органом, стрічкою, ланцюгом, тросом. Стрічкові транспортери переміщують у горизонтальному або слабко нахиленому напрямку зерно, комбікорм, трав'яну масу та легкі штучні вантажі. Ланцюгові та тросові із скребками та пластинами використовуються для переміщення коренеплодів, силосу, кормових суміші, а також для видалення гною [2]. Транспортери з тяговим стрічковим, ланцюговим органами, до яких кріпляться ковші для підняття зерна по вертикалі, називають ковшовими елеваторами або норіями. Опір у всіх цих транспортерах створюється за рахунок сил тертя та маси [3].

Аналіз у аграрно-промисловому комплексі показує, що з кожним роком до систем керування сільськогосподарських машин, момент опору яких не залежить від швидкості обертання, висувають ряд вимог. За рахунок цього можна, приділивши особливу увагу динамічним перехідним процесам системи електропривод – робоча машина забезпечити виконання всіх проблем, які виникають при експлуатації [4]. Тому що плавність пуску з обмеженим прискоренням є важливим фактором, який впливає на динаміку електропривода, отже цей напрямок дослідження є актуальним та вимагає тривалих спостережень.

**Аналіз останніх досліджень.** Як відомо, розвиток електропривода базується на глибоких знаннях та раціональному поєднанні властивостей двигуна та робочої машини зі всіма елементами цієї системи. На даному етапі розвитку постає завдання ефективного та раціонального енерговикористання у різних галузях господарства. Основне призначення електропривода – перетворювати енергію в механічну та керувати цим процесом.

У світовій практиці до теперішнього часу сформульовані кілька основних напрямків, по яким інтенсивно проводяться дослідження, розробки, здійснюються крупні промислові проекти. В цьому випадку силовий споживач енергії, такий як електродвигун має перспективи на забезпечення енергозбереження на економічних показниках. При цьому доцільно використовувати електропривод з обмеженим діапазоном регулювання, який дозволить знизити затрати на електропривод, а також забезпечити режими роботи, близькі до оптимальних. При запуску приводу скребкових та шнекових транспортерів відбувається значне перевищення розрахункового навантаження, особливо в зимовий час. Великий початковий пусковий струм викликає значне падіння на живильних шинах підстанції (при сумірній потужності трансформатора і двигуна), що порушує роботу, як інших споживачів, так і самого двигуна (затягування пуску). Великий пусковий струм викликає також значні термічні перевантаження обмоток, наслідком чого може бути прискорене старіння ізоляції, її пошкодження і, як результат, міжвиткове коротке

замикання. Значні коливання моменту двигуна на початковому етапі пуску, які можуть перевищувати 4–5 кратне значення номінального моменту, створюють несприятливі умови для роботи механіки (кінематичного ланцюга, в даному випадку ланцюга транспортера). Тому метод пуску асинхронних двигунів прямим підключенням до мережі має три серйозні недоліки – вплив на сам двигун, на мережу і на технологічний процес. Вплив на сам двигун: пікові кидки струмів перехідний період пуску (5-7-кратні по відношенню від номінального) призводить до значних зусиль на провідники, розташованих в лобових частинах обмотки електродвигуна, і як наслідок – до ослаблення бандажування обмотки, поступового порушення (перетирання) ізоляції і передчасного виходу двигуна з ладу через коротке замикання витків обмотки. При подачі повної напруги на статор асинхронного двигуна мають місце два фактора, а саме:

- велика кратність початкового пускового струму;
- коливальний затухаючий характер пускового моменту двигуна

[5].

**Мета статті.** Провести аналіз шляхів підвищення ефективності роботи електропривода сільськогосподарських машин з моментом, який не залежить від швидкості обертання вала двигуна та впровадити для ефективності експлуатаційної роботи методику для прийняття рішень.

**Основні матеріали дослідження.** Як відомо, найважливішими характеристиками робочих машин, є їх механічні характеристики. Враховуючи різновиди сільськогосподарських машин і механізмів та їх чотири основні групи до яких вони відносяться, можна робити аналіз. На рис. 1 приведені механічні характеристики робочих машин: незалежна від швидкості (1), лінійна залежна (2), квадратична залежність (3) та лінійно спадаюча характеристика (4).

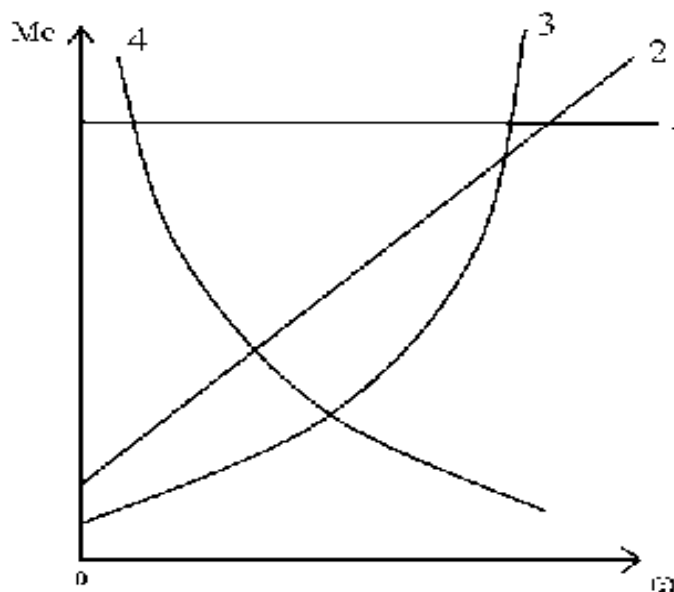


Рис. 1. Механічні характеристик РМ (чотири групи  $\omega = f(M)$ )

Як зазначалося вище, одним із основних вимог системи керування транспортером є плавність пуску з обмеженим прискоренням. Особливо це важливо для транспортера великої протяжності, у яких є ймовірність буксування та безпека виникнення коливальних перехідних процесів стрічки або ланцюга. Пристрій для пуску двигуна з контролем технологічних параметрів при пуску дозволить уникнути небажаних для механізмів ситуацій. Для цього необхідно розглянути можливості пуску двигунів [5].

Дослідження проводилися в Харківській області на підприємстві ТОВ "Нібулон". Проаналізувавши всі матеріали по впровадженню енерго- та ресурсозберігаючих технологій в електроприводах змінного струму, основним напрямком стало перехід від приводів з контактним керуванням до систем, які мають плавний пуск на основі тиристорних перетворювачів напруги, частоти.

Завдяки тривалому дослідженню на основі сучасних науково-технічних джерел, були отримані результати щодо ефективності використання перетворювача частоти та пристрою плавного пуску фірми Schneider Electric.

Порівнювальна характеристика пристрою плавного пуску Altistart 48, та перетворювача частоти Altivar фірми Schneider Electric приведена у таблиці 1.

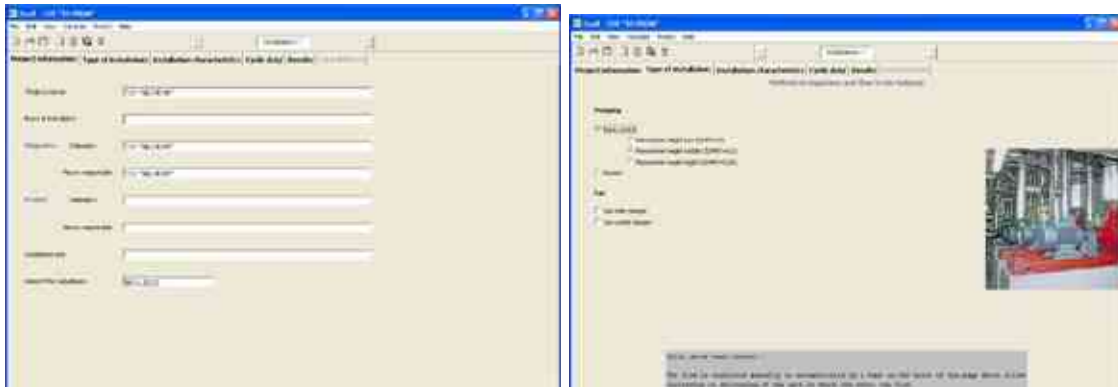
Таблиця 1

Порівнювальна характеристика Altistart та Altivar

Показники	Altistart	Altivar
1. Кратність пускового моменту АД	0,1 – 1,0	1,5 – 1,8
2. Обмеження струму, в долях від початкового значення	3-5	1,5-2,0
3. Формування наперед заданого закону зміни швидкості при пуску та гальмуванні	ні	так
4. Можливість регулювання швидкості	ні	так
5. $\cos \varphi$	Не вище $\cos \varphi$ АД	Близько 1
6. Економія енергії в порівнянні з прямим пуском	ні	так
7. Захист двигунів та механізмів	так	так

В процесі дослідження було використано програмний пакет Eсо 8 v.3.0, який дозволяє після дослідження перейти до вирішального економічного обґрунтування. Тобто ця програма використовувалась для прийняття рішення по вибору найоптимальнішого з економічної компетенції пристрою. На першій вкладці програми показана інформація підприємства для якого проводилося дослідження, також є можливість ввести персональні характеристики аналізу та вирішальної задачі для

подальшого її зберігання. На других вкладках (рис. 2) задаємо параметри методики регулювання, а також параметри: напруга мережі, потужність двигуна, коефіцієнт потужності, номінальний струм та ін.



**Рис. 2. Інтерфейс програмного забезпечення ESO 8 v.3.0**

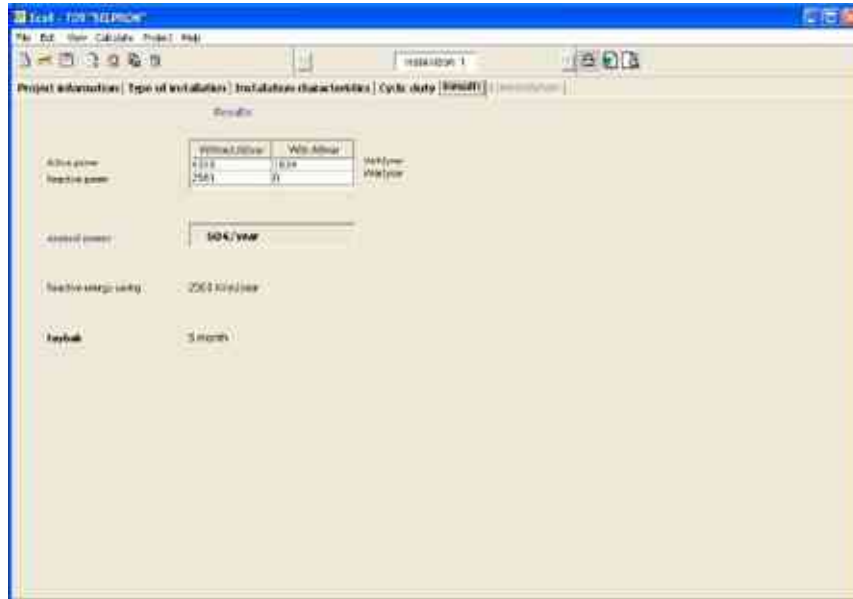
На кафедрі Автоматизованих електромеханічних систем було розроблено лабораторний стенд для дослідження пристроїв плавного пуску (рис. 3).



**Рис. 3. Устаткування лабораторного зразка**

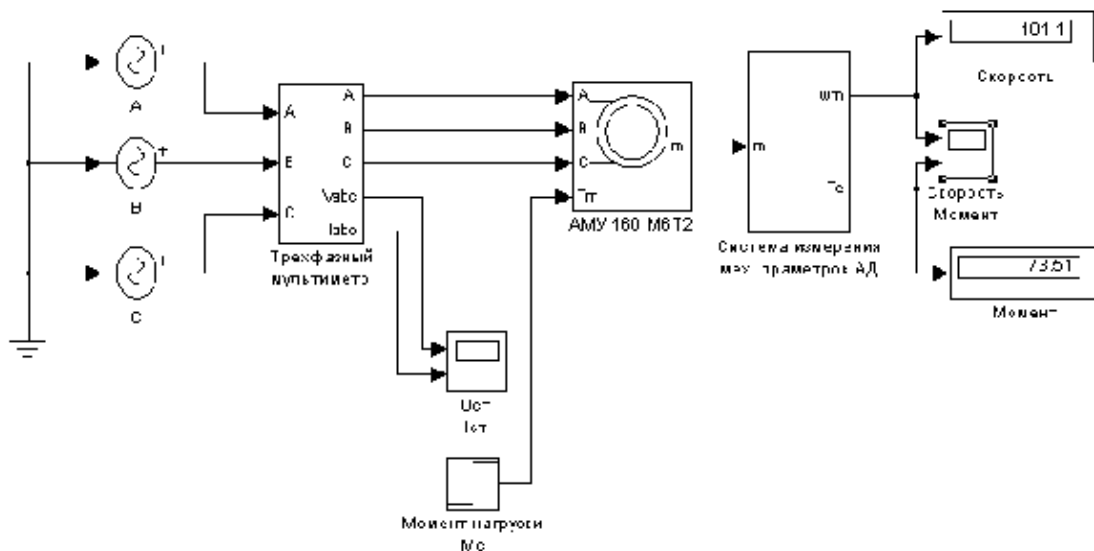
Використовуючи дані сучасного лабораторного устаткування (рис. 4), з'явилась можливість вдосконалити відомі раніше технології та системи керування динамічними процесами в АПК.





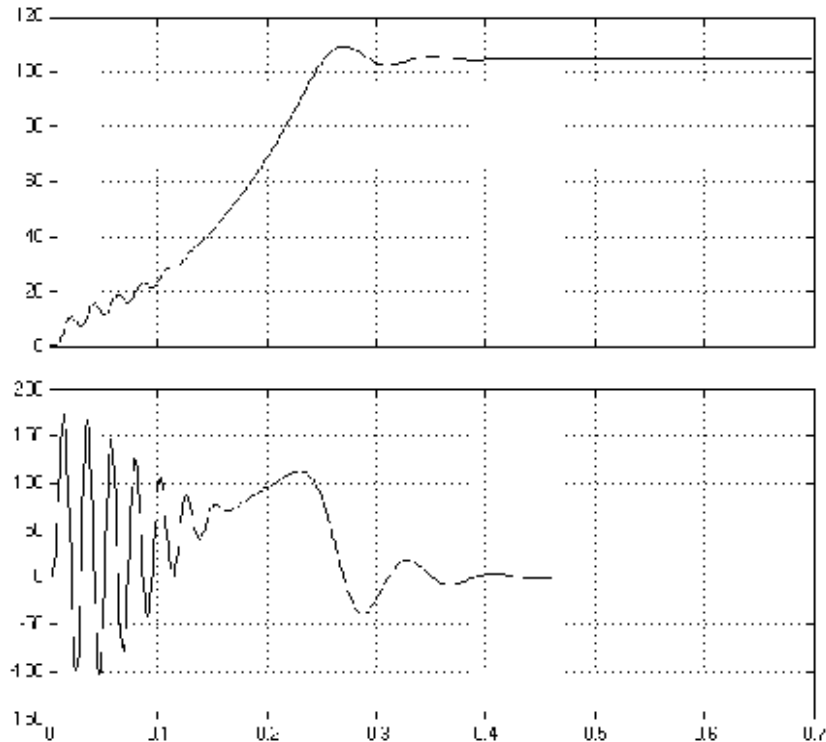
**Рис. 4. Вирішальні економічні показники якості вибраного обладнання визначені програмою ESO 8 v.3.0**

Економічні показники, як показують розрахунки програми ESO 8, свідчать про строк окупності для підприємства не менш ніж за 5 місяців. Склавши модель системи електропривода (рис. 5) після вирішення диференціальних рівнянь, отримали такі залежності перехідних процесів (рис. 6).



**Рис. 5. Модель системи електропривод-робоча машина в програмі MathLab**

Отримана модель дає змогу, змінюючи вхідні параметри, проводити аналіз різних динамічних процесів. Дозволяє оцінити процеси на початковій стадії перед впровадженням в експлуатацію.



**Рис. 6. Графіки перехідного процесу  $\omega=f(t)$  и  $M_b=f(t)$  при  $f_n=50$  Гц,  $U_d=380$  В,  $\omega_n=104,7$  рад/с,  $I_1=7,266$  А,  $M_b=0,517$  Н·м**

**Висновки.** Таким чином, застосування пристрою плавного пуску для шнекового транспортера на підприємстві ТОВ “Нібулон” дозволило зменшити пускові струми, знизити ймовірність перегріву двигуна, підвищити термін служби двигуна, усунути ривки в механічній частині приводу в момент пуску і зупинки двигунів. Поряд з ефектом від плавного пуску, пристрій дозволить знизити активну споживану потужність, суттєво знизити реактивну потужність, захистити двигун, знизити шум, нагрів і вібрацію електродвигуна.

#### *Список використаних джерел*

1. Петрушин В. С. Регулировочные характеристики асинхронного электродвигателя в частотном электроприводе при законах управления, обеспечивающих постоянство потокосцеплений. *Электротехника і електромеханіка*. 2002. №2. С.53-55.
2. Варжапетян А.Г., Глущенко В.В. Системы управления. М.: Вузовская книга, 2000. - 328 с.
3. Масандилов Л.Б. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей. М.: Энергия, 1978. 96с.
4. Гаврилюк І.А, Хандола Ю.М. Курс лекцій з електроприводу сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній. Харків 2008. с. 121-152
5. Терехов В. М. Современные способы управления и их применение в электроприводе. *Электротехника*. 2000. № 2. С. 25-28.

УДК 621.352.4

## ІННОВАЦІЇ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА СУМ- ЩИНІ

Сіренко В.Ф., к. т. н., доцент

Зіненко Я.С., магістрант

*Сумський національний аграрний університет*

**Актуальність та постановка проблеми.** В країнах ЄС – проводиться політика декарбонізації енергетичної галузі. Зростає популярність поновлюваних джерел електрики, що забезпечує використання «безвуглецевих» джерел енергії.

В зв'язку з цим Європа розпочала унікальний, складний і витратний експеримент із створення інноваційної енергетичної системи, що включає вітроелектричні потужності, виробництво чистого водню шляхом електролізу води і транспортування або чистого водню, або синтетичного метану існуючою газотранспортною системою.

Водень ми назвали чистим, тому що в цьому випадку для його виробництва не буде використовуватись природний газ. Практична реалізація цього проекту також стала однією з причин призупинення будівництва газопроводу «Північний потік – 2».

В Асоціації німецьких операторів газотранспортної системи розроблена карта перспективної загальнонаціональної газової мережі, призначеної для транспортування «зеленого» водню. Її загальна протяжність становить близько 5900 кілометрів. Майже на 90% вона буде заснована на існуючій газовій мережі.

Із засобів масової інформації стало відомо, що уряд Німеччини розробив і почав втілювати плани збільшення виробництва і внутрішнього споживання «зеленого» водню. Згідно цільовим індикаторами, до 2030 року споживання водню в країні має на 20% забезпечуватися «чистими» джерелами енергії. В даний час його споживання стрімко зростає. Попит на водень може перевищити можливості внутрішнього виробництва. Тому частину «зеленого» водню доведеться імпортувати. Німеччина вже має такий досвід. В Нижній Саксонії за допомогою енергії вітру виробляють «зелений» водень. Тут він використовується в якості сировини для отримання синтетичного метану (метан, в свою чергу, транспортується по трубах існуючої газотранспортної системи).

Існує одне невелике завдання для уряду - переглянути «зелений» тариф для учасників безпосередньої реалізації водневої стратегії для фінансової підтримки цього грандіозного проекту.

**Основні матеріали дослідження.** Дбайливі німецькі господарі не хочуть використовувати значні площі своєї землі для створення вітропарків та великих сонячних електростанцій, тому Сумська область також потрапила в сферу виконання цього проекту. Як повідомили місцеві ЗМІ, член Адміністративної Ради Інвестиційного фонду ESE Investment AG (Князівство Ліхтенштейн) Олаф Кнаппе та власниця компаній Nord Areal Energy GmbH (Штральзунд, Німечина) Наталія Кнаппе, наразі планують співпрацю відразу за кількома напрямками у кількох містах Сумщини.

На свої проекти вони мають інвестиційні гарантії Європейського Союзу, і після підпису договору про співпрацю, відразу розпочнуть будівництво. Планується створити тільки на виробництві деталей вітрових генераторів в Шостці та Кролевці понад 100 робочих місць.

Також більше мільярда євро німецькі інвестори планують вкласти у вітрову станцію у Білопіллі Сумської області, що разом із енергією вироблятиме водень.

Це буде надсучасне виробництво. Для отримання високоякісного водню генератор використовує воду і електроенергію, яку найчастіше виробляють вітрогенератори.

Установка складається з генератора водню, блоку живлення, блоку управління, системи віддаленого контролю і сполучних кабелів. Безпека забезпечується застосуванням газоаналізатора водню в атмосфері • Газоаналізатор водню в кисні • ДБЖ (джерело безперебійного живлення) Обсяг вироблення водню приблизно 2 тони на годину постійно контролюється. Установки призначені для розміщення в окремих приміщеннях і можуть оснащуватися різними додатковими системами. Максимальний робочий тиск може бути вибрано на 10 або 25 бар.

Додаткове обладнання. • Герметичний захисний корпус • Система очищення водню (СОВ) • Замкнута система охолодження електроліту • Газоаналізатори для визначення якості газу в режимі реального часу і датчик точки роси) • Установка для очищення води способом зворотнього осмосу • Холодильник для охолодження газів. Компресорна установка

Генератором водню є електролізер в якому вода (із 30% розчину КОН) під впливом постійного струму розкладається на базові елементи - водень і кисень. Процес електролізу йде при напрузі 1,6-2,0 В і силі струму в десятки і сотні ампер. Електролізер складається із серії взаємопов'язаних осередків, в яких циркулює електроліт, що містять по два електроди. Осередки поділяються високоякісною неорганічною іонообмінною мембраною. Ця мембрана виконує дві функції: забезпечує обмін іонами з мінімальним опором і запобігає змішуванню водню і кисню в процесі виробництва.

Водень закачується в спеціальні ємності, в яких зберігається до того моменту, коли споживач потребуватиме електроенергії. Зворотний процес отримання енергії з водню відбувається за рахунок електрохімічної реакції, при якій водень взаємодіє з киснем, виробляються електроенергія і теплова енергія.

Німеччина номінувала Україну як свого стратегічного партнера щодо виробництва та експорту водню. У Білопільлі прекрасна інфраструктура, є залізниця, тож є можливість налагодити експорт водню за кордон.

Тим часом у м. Тростянець нашої області, вже почалися підготовчі роботи під будівництво сонячної станції на площі 9 гектарів. Німецькі інвестори вже завозять сонячні панелі на майданчик.

**Висновки.** В роботі проаналізовано входження Сумської області в інноваційний енергетичний процес. де з'являється широке поле діяльності науковців нашого університету. Зокрема, до цієї технічної задачі вже залучились і вчені СНАУ, які в своєму доробку мають силову вертикальну вітроенергетичну установку, що характеризується незалежністю від напрямку вітру, високою ефективністю, автономністю і низьким рівнем інфразвуку, що робить її безпечною по відношенню до навколишнього середовища.



УДК 621.176

## ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОЇ ЕНЕРГІЇ ГРУНТІВ ЯК СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

Бурцева С.О., магістр

Клик А.В., магістр

Постол Ю.О., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

**Постановка проблеми.** В даний час в Україні енергозбереження є однією з пріоритетних задач у розвитку економіки. Оскільки гостра нестача запасів традиційних джерел енергії перетворила дану проблему в одну з глобальних, вчені почали шукати методи вирішення проблеми енергозбереження. У зв'язку з численними дослідженнями вчені прийшли до висновку, що геотермальна енергія, що виділяється внутрішніми зонами Землі, може служити альтернативним джерелом живлення та забезпечувати теплом та електрикою будівлі. За рахунок теплового насоса проблема енергозбереження знайшла своє рішення.

**Основні матеріали дослідження.** У зв'язку з постійним ростом цін на усі енергоносії людство прагне знайти альтернативні джерела живлення для забезпечення теплом і електричною енергією.

За останні 30 років світове енергоспоживання зросло майже у два рази. Енергетичні ресурси є необхідною умовою існування сучасної цивілізації. Вичерпання запасів традиційних джерел енергії, гостра нестача її для багатьох країн та швидкий зріст цін перетворили проблему раціонального використання джерел енергії в одну з глобальних, що впливає на весь хід розвитку людської цивілізації та на збереження середовища її проживання [1].

У зв'язку з цим одним з пріоритетних напрямків у розвитку світової економіки є обмеження темпів росту споживання енергетичних ресурсів за рахунок підвищення енергоефективності об'єктів у будівництві.

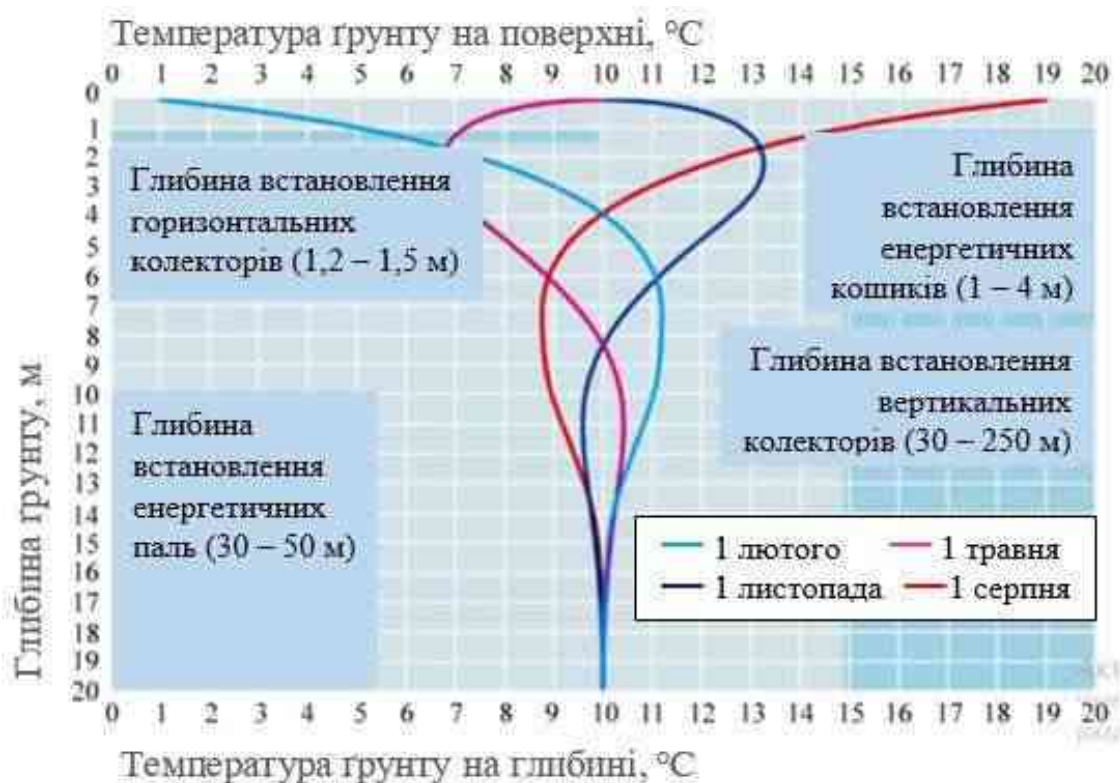
У зарубіжній практиці знайшли широке застосування енергоефективні конструкції фундаментів «подвійного» значення.

Енергоефективність фундаментів «подвійного» значення пояснюється тим, що окрім основної функції фундаментів – передачі корисного навантаження на ґрунтову основу, фундаменти дозволяють використовувати геотермальну енергію навколишнього ґрунтового масиву для опалення будівель [2]. Але в українській практиці подібні конструкції не отримали широкого застосування через відсутність експериментальних даних для проектування даних фундаментів.

Геотермальна енергія – це теплова енергія, що виділяється із зовнішніх зон Землі протягом сотень мільйонів років. Її, в свою чергу, розподіляють на високопотенційну та низькопотенційну.

На основі високопотенційної геотермальної енергії можлива робота двох типів системи: гідротермальної та петротермальної. За допомогою гідротермального методу розроблюються термальні водні ресурси природного походження. За допомогою петротермального методу енергія регенерується з використанням гарячого горизонту щільної породи.

Генерація низькопотенційної енергії ґрунту пов'язана з використанням свердловин глибиною до 400 м. На даній глибині температура підвищується у середньому на 3°C на кожні 100 м. Температура на глибині відносно температури на поверхні землі не вагається в залежності від сонячної енергії. У період значного коливання температур та влітку, коли температура повітря досягає в середньому 25°C, температура на глибині декількох метрів залишається незмінною в межах середнього значення 10°C [3]. Зміна температур ґрунту відносно змінам температури повітря представлена на рисунку 1.



**Рис. 1. Зміна температур у верхній частині ґрунту протягом року до глибини 15 метрів**

Низькопотенційну енергію ґрунту на відміну від високопотенційної не можна використовувати безпосередньо. Для гарячого водопоста-

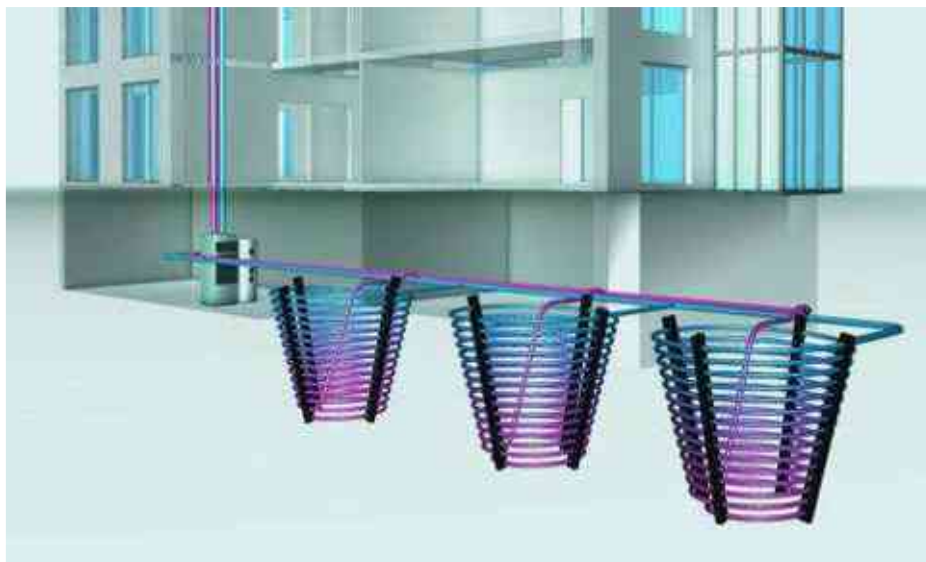
чання та опалення необхідно підвищити температуру. Даний процес відбувається за допомогою теплового насосу, який перетворює низькопотенційну енергію ґрунту у високопотенційну.

В геотермальних системах первинний контур виконують у вигляді ґрунтових колекторів (теплообмінників). Ґрунтові теплообмінники бувають горизонтального і вертикального типу [4]. До горизонтальних відносять горизонтальний теплообмінник (поверхневий) і енергетичний кошик. До горизонтальних ґрунтовим теплообмінникам відносяться теплообмінники, що встановлюються по горизонталі або діагоналі в верхньому шарі ґрунту на глибині в середньому до 2 м. Дана система може являти собою окремі контури труб або трубні реєстри, які встановлюються біля будівлі або під фундаментної плитою (рис. 2).



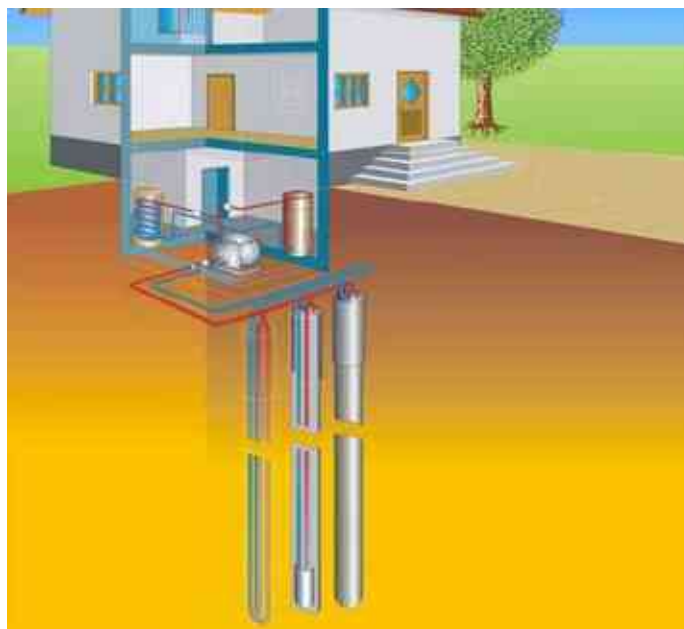
**Рис. 2. Горизонтальний теплообмінник**

Енергетичні кошика (гібрид горизонтальних і вертикальних теплообмінників) - це теплообмінники, що представляють собою окремі контури труб, закручені по спіралі. Вони встановлюються в ґрунті вертикально на глибині до 5 м (рис. 3).



**Рис. 3. Енергетичні кошики**

Вертикальний тип теплообмінників включає в себе енергоефективні палі (ЕЕП) і свердловини. ЕЕП встановлюються під будівлею і входять до складу пального фундаменту. Окремі труби або групи труб в U-образній формі, у формі спіралі або у вигляді меандру встановлюються в палі. Операція проводиться безпосередньо на будівельному майданчику, де контури труб розміщуються в підготовчих свердловинах і заливаються бетоном або за допомогою заздалегідь виготовлених паль (рис. 4).



**Рис. 4. Енергоефективні палі**



При проектуванні геотермальних систем першорядне значення надається місцевим інженерно – геологічним, гідрогеологічним та кліматичним умовам. Належну увагу приділяють визначенню властивостей ґрунту: вологості, теплопровідності, щільності, питомої теплоємності.

Система теплового насосу представляє собою енергетичну систему, в склад якої входять джерело теплоти (первинний контур), тепловий насос та система споживання теплоти (вторинний контур). Теплові насоси представляють собою парокомпресійні установки, за допомогою яких низькотемпературна енергія середовища може використовуватися у системах опалення та охолодження будівель. Циклічна робота у тепловому насосі відбуваються за рахунок чотирьох компонентів: випарника, компресора, конденсатора та розширювального бачка [5].

**Висновки.** Вибір геотермальної системи залежить від умов середовища, експлуатаційних даних, режиму експлуатації, типу будівлі (приватного або комерційного призначення) та правових норм. Для геотермальних систем нема особливих обмежень з використання в залежності від клімату. Вони однаково ефективно працюють у будь – яких кліматичних умовах, де є джерело низькопотенційного тепла. Це енергоефективне обладнання з високою безпекою та надійністю.

#### **Список використаних джерел**

1. Трикоз В.О., Постол Ю.О. Енергоефективність та енергозбереження. Матеріали I Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 63-65.

2. Баєва А.Г., Москвічова В.Н. Геотермальна енергія: проблеми, ресурси, використання. Виро-во АН СССР. 1980. 350 с.

3. Rybach L., Sanner V. Ground – source heat pump systems – the European experience. GeoHeatCenterBull. 2000. №21/1. P/16 – 26.

4. Постол Ю.О., Закревський Д. Реалізація політики з енергозбереження. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: матеріали VI Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції за підсумками наукових досліджень 2018 року. Мелітополь, ТДАТУ, 2019. Вип. VI. С.17-20.

5. Бурцева С.О., Постол Ю.О. Ефективність теплових насосів. Матеріали I Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 33-34.



УДК 621.311.13

## СПОСОБ СНИЖЕНИЯ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Тюнина Е.А., ст. преп.

Епифанов В.И., ст. преп.

Кулаковский Д.А. ст. преп.

*Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Беларусь*

Проблема обеспечения качества электрической энергии всегда актуальна, так как убытки от сниженного качества электроэнергии значительны. В Республике Беларусь качество электрической энергии регламентировано ГОСТ 32144-2013 [1]. Для оценки качества используют показатели качества электрической энергии, которые характеризует ее по одному или нескольким параметрам.

Наибольшие проблемы, в том числе и по требуемым материальным затратам, возникают с такой характеристикой качества электроэнергии, как несимметрия напряжений. Несимметрия напряжений вызывает дополнительные потери активной мощности, снижая срок службы электрооборудования и экономические показатели его работы.

Основными виновниками ухудшения качества по несимметрии являются потребители, генерирующие токи обратной и нулевой последовательности, которые распространяются по всей сети и ухудшают качество электроэнергии на шинах других потребителей. В условиях неплатежей, изношенности оборудования энергосистемы, затраты эксплуатирующих организаций идут не на поддержание требуемого уровня качества электроэнергии, а на более неотложные нужды.

Несимметрия напряжений обусловлена смещением нулевой точки в треугольнике линейных напряжений. Следовательно, снизить несимметрию напряжений можно уменьшением сопротивления сети токам обратной и нулевой последовательности или снижением величины этих токов [2].

Таким образом, технические способы симметрирования можно разделить на следующие группы:

1. Технические средства, воздействующие на уменьшение сопротивления нулевой последовательности сети. К ним относятся, например, трансреакторы, нейтралеры.
2. Технические средства, предназначенные для снижения токов нулевой последовательности сети. К ним относятся, например, симметрирующие устройства, автоматически распределяющие нагрузки по фазам.

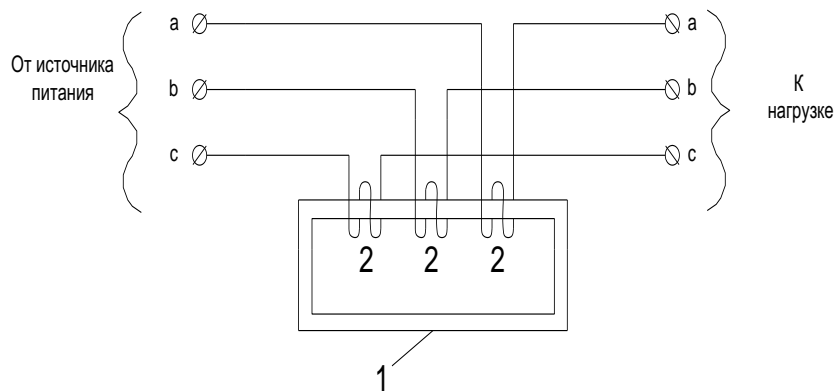
3. Технические средства, предназначенные для снижения токов обратной последовательности сети. К ним относятся, например, симметрирующие устройства, автоматически распределяющие нагрузки по фазам.

4. Комбинированные технические средства, предназначенные для снижения токов обратной и нулевой последовательности. К ним относятся комбинированные трансформаторные и другие симметрирующие устройства, компенсирующие как токи обратной, так и нулевой последовательности.

На протяжении многих лет кафедра электроснабжения БГАТУ занимается исследованиями в области качества напряжения в различных районах Республики Беларусь.

На рис. 1 представлена схема симметрирующего устройства, автоматически перераспределяющего нагрузки по фазам [1].

Устройство содержит магнитопровод 1 и расположенные на нем три обмотки 2. Начала обмоток подключены к источнику питания, концы – к линиям электропередачи с несимметричной нагрузкой. Каждая обмотка выполнена с одинаковым числом витков и включена в расщепку соответствующего фазного провода источника питания. Так как число витков в каждой фазе одинаковое, то коэффициент трансформации будет равен единице. При разной нагрузке в фазах произойдет их взаимное выравнивание.



**Рис. 1. Устройство для симметрирования нагрузки на базе трехстержневого магнитопровода: 1 – магнитопровод; 2 – обмотка**

#### **Список литературы**

1. ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Изд-во стандартов, 2013, 31с.

2. Янукович Г.И. Пути улучшения показателей несимметрии и не-синусоидальности напряжения в сельскохозяйственных установках: монография. Минск: БГАТУ, 2013.

УДК 631.171:0041

## СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВО-ЗЧІПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ НА ТРАНСПОРТНИХ РОБОТАХ

Болтянський О.В., к.т.н.,

Стефановський О.Б., к.т.н.,

Волков С.В., інж.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Відомо, що в сільському господарстві близько 30% трудових витрат і більш 50% енергетичних потужностей витрачається на транспортні роботи. Поряд з використанням на цих роботах автомобільного транспорту важливу роль в перевезенні сільськогосподарської та іншої продукції відводиться колісним тракторам. Використання енергонасичених колісних тракторів на транспортних роботах дозволяє підвищити ефективність їх використання. В той же час через слабку несучу здатність ґрунту в період проведення сільськогосподарських робіт автомобільний транспорт під час перевезення вантажів з полів використовується малоефективно. Перевезення вантажів в основному виконується транспортно-енергетичними засобами (ТЕЗ) [1-4].

У сільському господарстві ТЕЗ, як правило, працюють в змішаних дорожніх умовах: бездоріжжя змінюється удосконаленим покриттям і навпаки. Їх робота характеризується коливаннями обсягу перевезень і сезонністю транспортних робіт. Періоди внутрішньогосподарських і загальногосподарських перевезень на малі відстані змінюються періодами перевезень на далекі відстані під час збирання і вивезення врожаю. Тому транспортно-енергетичні засоби повинні володіти високою прохідністю і бути пристосованими для роботи в умовах бездоріжжя з максимальним використанням вантажопідйомності [5,6].

Здатність ТЕЗ працювати в різних умовах характеризується одним з її експлуатаційно-технічних властивостей - прохідністю. Основна причина обмеженого пересування ТЕЗ по розмоклій і слизькій поверхні - недостатнє зчеплення коліс з ґрунтом. Внаслідок цього виникає буксування ведучих коліс, яке призводить, як правило, до зниження сил зчеплення між частинками ґрунту і зриву його верхніх несучих шарів, наприклад дернового покриву, в окремих випадках забивання рисунку протектора ґрунтом («засолення»). Одночасно з цим зростає опір коченню колеса, так як воно заривається в ґрунт. Лише в деяких умовах, коли під незначно зволоженою поверхнею знаходиться досить щільний шар ґрунту, буксування може привести до збільшення зчеплення. Таке

ж явище спостерігається при буксуванні колісних тракторів на укатаних снігових і зледенілих дорогах [7-9]. Буксування ведучих коліс впливає на тягово-зчіпні властивості, а отже, і прохідність ТЕЗ, так як прохідність трактора залежить від стану покриття дороги або ґрунтової поверхні, його конструктивних особливостей і призначення шин, майстерності водія, швидкості руху.

Буксування – одне з негативних явищ при взаємодії шини з поверхнею кочення (рис. 1). Вона зумовлена величинами коефіцієнтів зчеплення і опору коченню. Для роботи ТЕЗ в умовах бездоріжжя і тимчасового погіршення ґрунтових умов необхідно зберегти показники прохідності і тягово-зчіпних властивостей, отримані в звичайних умовах [10,11].

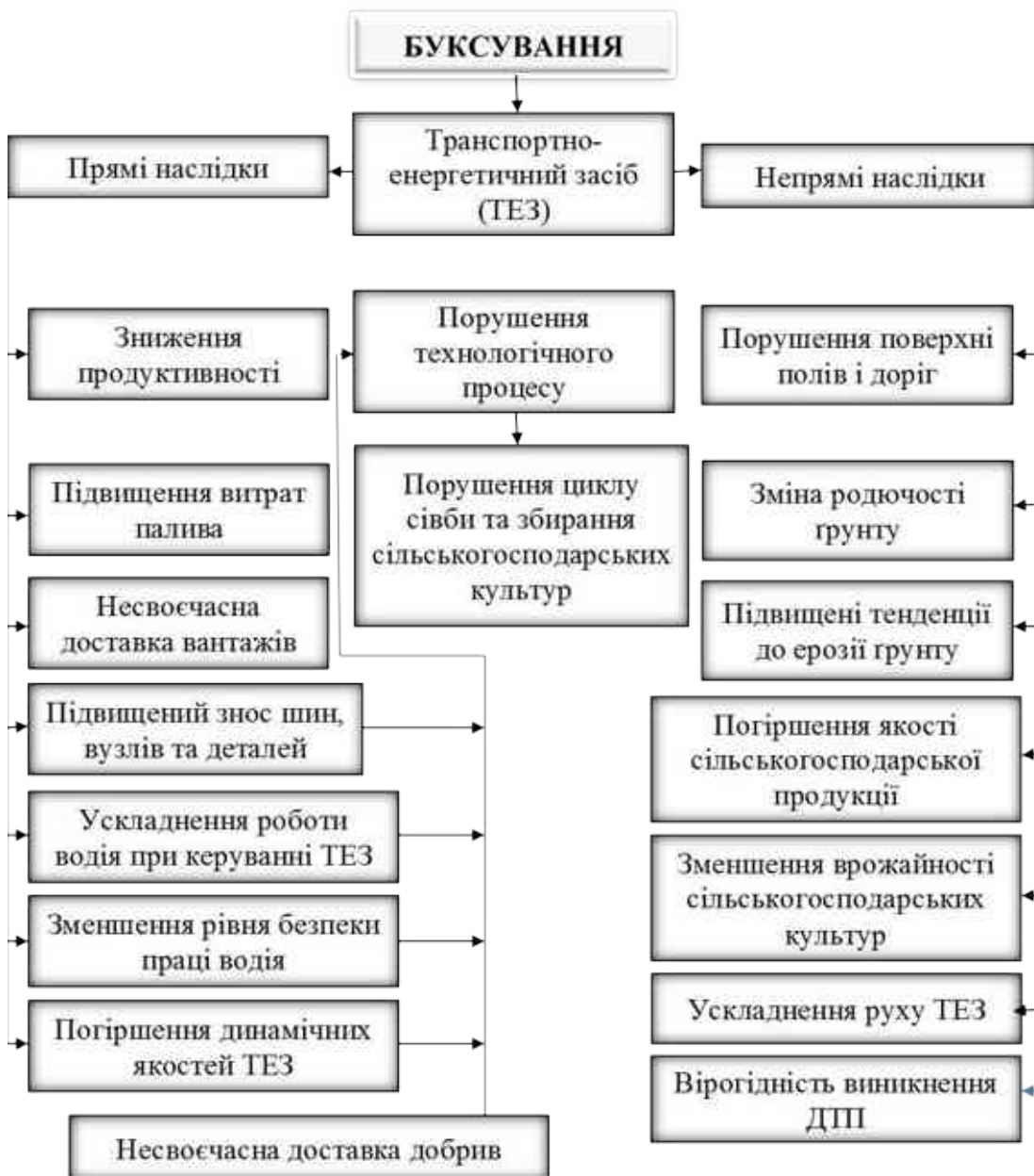
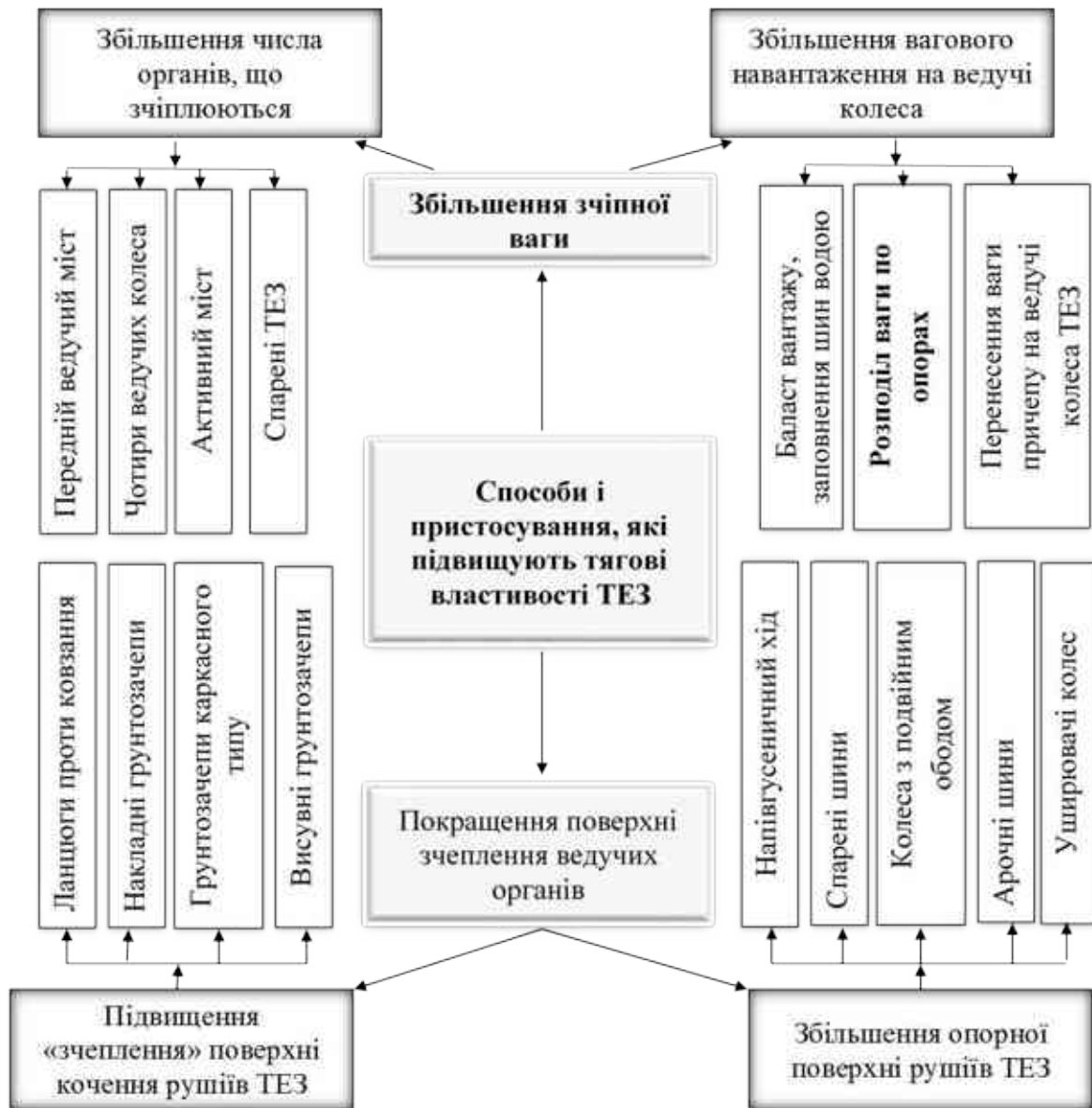


Рис. 1. Прямі та непрямі наслідки буксування

Збільшення прохідності і тягово-зчіпних властивостей ТЕЗ здійснюється за рахунок збільшення зчіпної ваги і поліпшення поверхні зчеплення ведучих коліс (рис. 2).



**Рис. 2 Способи і пристосування, які підвищують тягові властивості колісних тракторів**

Поліпшити поверхню зчеплення ведучих коліс можливо поліпшенням «зчеплення» поверхні кочення рушіїв ТЕЗ (ланцюги проти ковзання, накладні ґрунтозачепи) і збільшенням опорної поверхні рушіїв ТЕЗ (напівгусеничний хід, спарені колеса, арочні шини).

Використання накладних ґрунтозачепів збільшує коефіцієнт зчеплення, покращує тягово-зчіпні властивості і відкриває великі можливо-



сті для підвищення коефіцієнта корисної дії. Разом з тим додаткові металеві ґрунтозачепа не знижують додаткового тиску на ґрунт і не зменшують глибину сліду, що залишається колесом на ґрунті.

Напівгусеничний хід дозволяє значно підвищити тягові властивості ТЕЗ при роботі у важких ґрунтових умовах. Його недоліком є підвищений опір повороту, а також знижений ресурс роботи в порівнянні зі звичайною ходовою системою.

Збільшення зчіпної ваги здійснюють збільшенням числа органів, що зчіплюються (чотири ведучих колеса, активний міст) і збільшенням вагового навантаження на ведучі колеса (навішування на ведучі колеса додаткових вантажів, розподіл ваги по опорах, перенесення реакцій ґрунту на ведучі колеса).

При використанні спарених коліс необхідно брати до уваги, що зниження питомого тиску на ґрунт, за рахунок підвищення площі контакту, не завжди забезпечує необхідні тягові властивості трактора.

Зменшення тиску на ґрунт супроводжується зниженням тягових показників трактора і не може в окремих випадках, компенсуватися збільшенням площі контакту двигунів з ґрунтом. Тому, при установці спарених коліс, обов'язково необхідно використовувати баластування для встановлення оптимального співвідношення перерозподілу експлуатаційної ваги між мостами трактора. В іншому випадку, установка спарених коліс може викликати неузгодженість кінематичної невідповідності між ведучими мостами трактора.

При застосуванні активних причепів частина потужності двигуна передається на активний міст причепа, що дає можливість створити додаткову силу тяги і істотно поліпшити тягові якості і прохідність ТЕЗ в цілому.

Навішування на ведучі колеса додаткових вантажів, а також заповнення рідиною шин ведучих коліс збільшують, з одного боку, силу тяги, а з іншого - опір перекочуванню внаслідок зростання маси. Тому вони можуть бути рекомендовані лише при роботах на міцних ґрунтах з малою вологістю.

Зниження тиску повітря в шинах ведучих і ведених коліс завжди дає позитивний ефект з точки зору прохідності. Збільшується площа контакту шини з ґрунтом, поліпшуються тягові якості, і знижується опір перекочування. Однак надмірне зниження тиску повітря викликає прискорений знос шин і може привести до повертання їх щодо обіду колеса.

Останнім часом спостерігається установка на трактори більш потужних двигунів без істотних змін маси. Поліпшення зчіпних властивостей ходових систем колісних тракторів традиційними методами не вирішують корінним чином проблему невідповідності рівня енергонасиченості трактора технологічним можливостям пасивних робочих органів знарядь. Підвищення ефективності використання МТА необхідно

здійснювати перш за все за рахунок використання розосередженого приводу та вдосконалення передавальних елементів.

### *Список використаних джерел*

1. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Аналіз основних тенденцій розвитку світової та вітчизняної сільськогосподарської техніки для рослинництва. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2011. Вип.166, ч.1. С. 255–261.

2. Болтянська Н.І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва шляхом підвищення рівня надійності техніки. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2018. Вип. 282, ч.1. С. 181–192.

3. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник НУБіП. Серія Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип.212, ч.1. С. 275–283.

4. Boltyanskaya N. I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.

5. Болтянський О. В., Болтянська Н. І. Використання нанотехнологій при безрозбірному сервісі автотракторної техніки. Праці ТДАТУ. 2011. Вип.11. Т.2. С. 97–102.

6. Болтянська Н. І. Зміни техніко-експлуатаційних показників МЕЗ під впливом на них надійності. Вісник ХНТУСГ імені П. Василенка. 2009. Вип. 89. С. 106–111.

7. Болтянський О. В. Використання різних критеріїв при визначенні кількості запасних частин. Праці ТДАТА. 2006. Вип. 36. С. 3–7.

8. Boltyansky V., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. ТЕКА Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.

9. Boltyanskaya N. I. The system of factors of effective application resurser-Gauci technologies in dairy cattle in the enterprise. Scientific Bulletin Tauride state agrotechnological University. Electronic scientific specialized edition. Melitopol. 2016. Vol. 6. 55-64.

10. Болтянський О. В., Болтянська Н. І. Аналіз шляхів підвищення ефективності використання машино-тракторного парку. Праці ТДАТУ. 2014. Вип. 14. Т.4. С. 204-209

11. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.

УДК 631.544

## НОРМИ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ РІЗНИХ ТИПІВ ТЕПЛИЦЬ

Савченко Л. Г.<sup>1</sup>, к.і.н.,

Гумений В. С.<sup>1</sup>, магістрант,

Остапчук А. О.<sup>1</sup>, магістрант,

<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

**Постановка проблеми.** Поліпшення постачання населення в зимово-весняний період свіжими овочами пов'язано з розвитком овочівництва захищеного ґрунту, рівень розвитку якого в Україні залишається низьким.

В даний час овочівництво захищеного ґрунту є найбільш енергоємною галуззю сільськогосподарського виробництва. Енергоємність основної продукції зимових теплиць (огірки, томати) перевищує рівень енергоємності основної продукції тваринництва (м'яса, молока, яєць та ін.). У собівартості продукції захищеного ґрунту майже 50% складають енерговитрати. Однією з причин цього – недосконалість систем енергозабезпечення самих теплиць, що супроводжується великими тепловтратами в системах енергопостачання культивацийних споруд.

**Основні матеріали дослідження.** Норми витрати теплової та електричної енергії характеризують необхідну величину тепло- і електроспоживання при виробництві тієї чи іншої продукції в сільськогосподарському виробництві. Норми визначені відповідно до розроблених в Поліському національному університеті рекомендаціями щодо визначення енергоємності виробництва продукції захищеного ґрунту.

Норми розроблені для найбільш поширених і прогресивних технологій основних видів виробництва продукції захищеного ґрунту в зоні Полісся.

В існуючих нормах не відображене післяопераційний розрахунок норм теплової енергії в блокових теплицях, крім цього немає норм на споживання енергії побутовими і допоміжними приміщеннями. У існуючих нормах електричної енергії не наведено складові кожного технологічного процесу (тобто яке обладнання використовується в технологічному процесі і скільки воно споживає електричної енергії).

Норми витрати теплової енергії для теплиць в зоні Полісся наведені в табл.1., а побутових і допоміжних приміщень в табл.2.

У табл. 3 і 4 наведені сумарні норми теплової енергії на теплиці і на побутові і допоміжні приміщення.

Таблиця 1

**Норми витрати теплової енергії (МДж/м<sup>2</sup>) в основних спорудах захищеного ґрунту для зони Полісся**

№	Найменування статей витрат і надходження теплоти	Теплиці	
		Блочні	Ангарні
1	Підтримання мікроклімату	3100	3384
2	Затрати теплоти на обігрів ґрунту	549	549
3	Затрати теплоти на пропарювання ґрунту	119	119
4	Затрати теплоти на підігрів води для поливання	105	105
Норми витрати теплоти		3873	4157

Таблиця 2

**Норми витрати теплової енергії (МДж/м<sup>2</sup>) на утримання побутових і допоміжних приміщень захищеного ґрунту для зони Полісся**

Площа тепличного комбінату	Теплиці	
	Блочні	Ангарні
1	62,5	64,3
3	61,3	63,9
6	60,7	63,2
12	60,2	61,9
18	57,6	59,4
24	54,5	56,4
30	53,4	54,5

Таблиця 3

**Норми витрат теплоти на виробництво овочів в зимових блокових теплицях для зони Полісся при різній внутрішній температурі повітря і площі тепличного комбінату**

Температура повітря всередині теплиці, °С	Норма витрати теплоти, МДж/м <sup>2</sup>						
	1 га	3 га	6 га	12 га	18 га	24 га	30 га
16	3040	3038	3038	3037	3035	3032	3031
18	3488	3487	3486	3486	3483	3480	3479
20	3937	3935	3935	3934	3922	3929	3928
22	4385	4384	4383	4383	4380	4377	4376
25	5058	5057	5056	5056	5053	5050	5049
30	6179	6178	6178	6174	6171	6171	6170

Таблиця 4

**Норми витрат теплоти на виробництво овочів в зимових ангарних теплицях для зони Полісся при різній внутрішній температурі повітря і площі тепличного комбінату**

Температура повітря всередині теплиці, °С	Норма витрати теплоти, МДж/м <sup>2</sup>						
	1 га	3 га	6 га	12 га	18 га	24 га	30 га
16	3218	3218	3217	3216	3213	3210	3208
18	3723	3722	3722	3720	3718	3715	3713
20	4227	4227	4226	4225	4222	4219	4218
22	4732	4731	4731	4729	4727	4724	4722
25	5489	5488	5488	5486	5484	5481	5479
30	6750	6750	6749	6748	6745	6742	6740

У табл. 5 і 6 наведені норми витрат електричної енергії для блокових і ангарних теплиць по електрифікованих процесам, а також по виробництву в цілому:

Таблиця 5

**Норма витрати електроенергії в блокових зимових теплицях, кВт×год/м**

№	Найменування процесу або обладнання	Витрата електроенергії по процесам
1	Електрообладнання агрегатів насосної станції	41
2	Освітлення і опромінення	241
3	Вентиляція	143,5
4	Електрифікація агрегатів станції поливу	29,3
5	Електрифікація інших процесів	179
6	Електрифіковані машини	0,2
Загальновиробнича норма		634

- електропривод агрегатів насосної станції – насос для підйому води, мережеві циркуляційні насоси системи опалення шатра, обігріву ґрунту, системи теплопостачання побутових і допоміжних приміщень, а також підживлювальні насоси;



- освітлення та опромінення – витрата електроенергії на опромінення розсади на площі 0,1% від загальної, на опромінення дорослих рослин, внутрішнє і вуличне освітлення;
- вентиляція – витрата електроенергії на електропривод системи вентиляції та підтримання відносної вологості повітря;
- електрифіковані агрегати станції поливу – система підігріву води для поливу, насос-дозатор подачі поливної води;
- інші електрифіковані процеси – стерилізація ґрунту, подача вуглекислого газу, електрообігрів ґрунту, інші допоміжні процеси, втрати енергії;
- електрифіковані машини – транспортер-просіювач, фреза самохідна, аерозольний обприскувач, тощо;
- загальновиробничі норми.

В даних таблицях наведено перелік електрифікованих процесів.

Ці процеси електрифіковані у всіх послідовно пов'язаних операціях.

Таблиця 6

**Норма витрати електроенергії в ангарних зимових теплицях,  
кВт×год/м**

№	Найменування процесу або обладнання	Витрата електроенергії по процесам
1	Електрообладнання агрегатів насосної станції	45
2	Освітлення і опромінення	241
3	Вентиляція	167
4	Електрифікація агрегатів станції поливу	29,3
5	Електрифікація інших процесів	181
6	Електрифіковані машини	0,2
Загальновиробнича норма		664

**Висновки.** Розроблена методика по розрахунку показників енергоємності виробництва овочів в теплицях, дозволяє проводити аналіз енерговитрат, визначати сумарні енерговитрати і окремі їх складові (прямі, непрямі, інвестиційні), а також здійснювати післяопераційний розрахунок споживання енергоресурсів

УДК 631.362.23

**ВИМОГИ ДО ПІДГОТОВЧИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ПРЕСУВАННІ  
МЕЗГИ НАСІННЯ РИЦИНИ**

Журавель Д.П., д.т.н.,

Чебанов А.Б., к.т.н.,

Верещага О.Л., аспірант

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

**Постановка проблеми.** Насіння рицини складається із високо олійного ядра (олійність складає від 50 до 55 %) та лушпиння (вміст лушпиння в насінні не більше 11%). Технології по переробці рицини розглядаються у двох варіантах: з попереднім відділенням лушпиння й без попереднього відділення лушпиння. Різниця у виборі технології полягає у тому, яку потрібно отримати якість кінцевого продукту (касторової олії). Вибір технології із попереднім відділенням лушпиння забезпечує якість касторової олії при відповідній технології очищення згідно ГОСТ18102-95 [1], без попереднього відділення лушпиння – згідно ГОСТ 6757-96 [2].

При використанні технології із попереднім відділенням лушпиння, насіння рицини обрушується (суміш називається рушанкою) та розділяється на ядро та лушпиння. Потім, ядро піддається подрібненню у суміш, що називається м'яткою, яка направляється на подальшу волого-теплову обробку із заданими параметрами, де утворюється віскоподібна суміш – мезга насіння рицини. Цей продукт направляється в преси попереднього віджиму для вилучення олії із мезги.

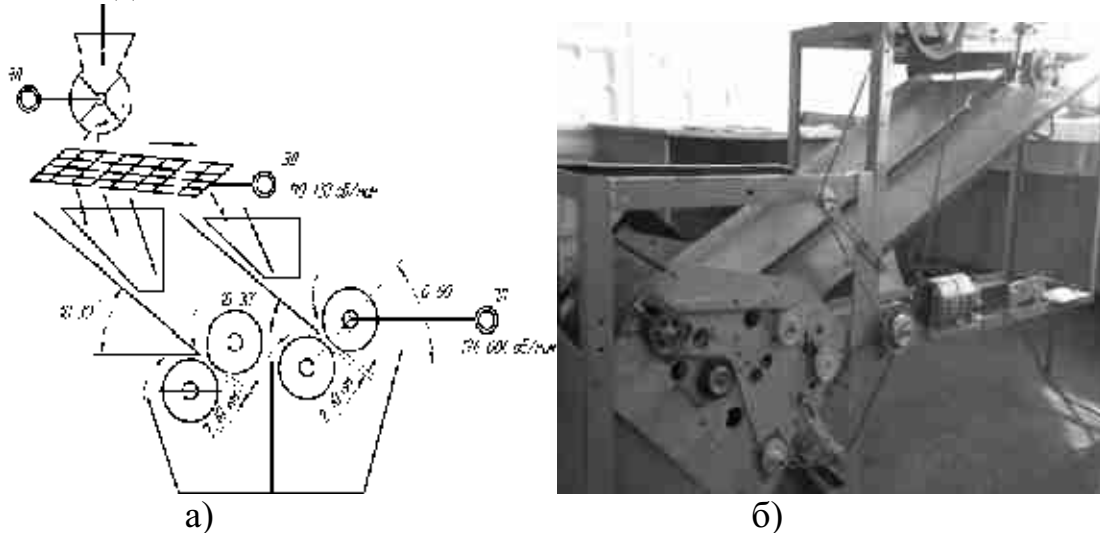
При використанні технології без попереднього відділення лушпиння, в загальній технології переробки відсутні підготовчі операції – обрушення насіння рицини та розділення на ядро і лушпиння.

Для покращення процесу пресування мезги насіння рицини необхідно встановити вимоги щодо якості підготовчих операцій (обрушення насіння, відділення оболонки від ядра, подрібнення насіння та волого-теплова обробка м'ятки) перед пресуванням, що є актуальною проблемою.

**Основні матеріали дослідження.** Для отримання безлузгового ядра використовується пристрій для обрушення насіння рицини (розроблений науковцями Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного [3]), який складається із струсного сита, де відбувається калібрування насіння, двох пар валків, що обертаються назустріч один одному, де відбувається руйнування відкаліброваного насіння (рис. 1). Перед руйнуванням оболонки, насіння

орієнтується вздовж його більшої осі та руйнування ведеться шляхом розрізання насіння вздовж зорієнтованої осі.

З урахуванням фізико-механічних характеристик насіння, а саме довжини, ширини та товщини насіння [4], раціональна відстань між валками повинна складати від 2 до 10 мм; достатня швидкість обертання валків складає 220...270 об/хв. Струсне сито повинно рухатися зі швидкістю 110...130 об/хв. Кут природного укусу на направляючій змінюється в діапазоні 24...30°.



**Рис. 1. Пристрій для оброблення насіння рицини:**

а – технологічна схема; б – загальний вигляд лабораторної установки [3]

Сепарація рушанки насіння рицини переслідує мету максимального якісного розділення рушанки рицини на лушпиння та ядро і забезпечення гранично-допустимої концентрації пилу рицини в повітрі робочої зони під час сепарування [5]. Автором роботи [5] встановлено, що розділення рушанки рицини необхідно здійснювати за аеродинамічними характеристиками. За допомогою експериментального зразка пневмосепаратора з пиловловлюючим пристроєм встановлені параметри: оптимальна швидкість повітряного потоку у робочій зоні пневмосепараторів з урахуванням аеродинамічних характеристик елементів насіння рицини повинна складати 2...5 м/с. При цьому, забезпечується вміст ядра у лушпинні на рівні 4,5 %, олійність лушпиння – 0,85%, Запиленість робочої зони при роботі пневмосепаратора не перевищує 4 мг/м<sup>3</sup>.

Питаннями підвищення якості подрібнення насіння олійних культур у різні роки займалося багато вчених. Подрібнення ядра насіння рицини здійснюється з метою максимально-можливого руйнування кліткової структури та додання олійному матеріалу спеціальної зовнішньої структури, що необхідна для наступних технологічних операцій, таких як волого-теплова обробка та пресування. Із збільшенням тонкості по-

дрібнення, збільшується в ньому і вміст пилоподібних складових, наявність яких призводить до злежування олійного матеріалу, погіршенню умов обробки м'ятки водою при волого-тепловій обробці [6]. Це веде до зменшення виходу кінцевого продукту після пресування внаслідок продавлювання мезги через зеєрні отвори шнекових пресів.

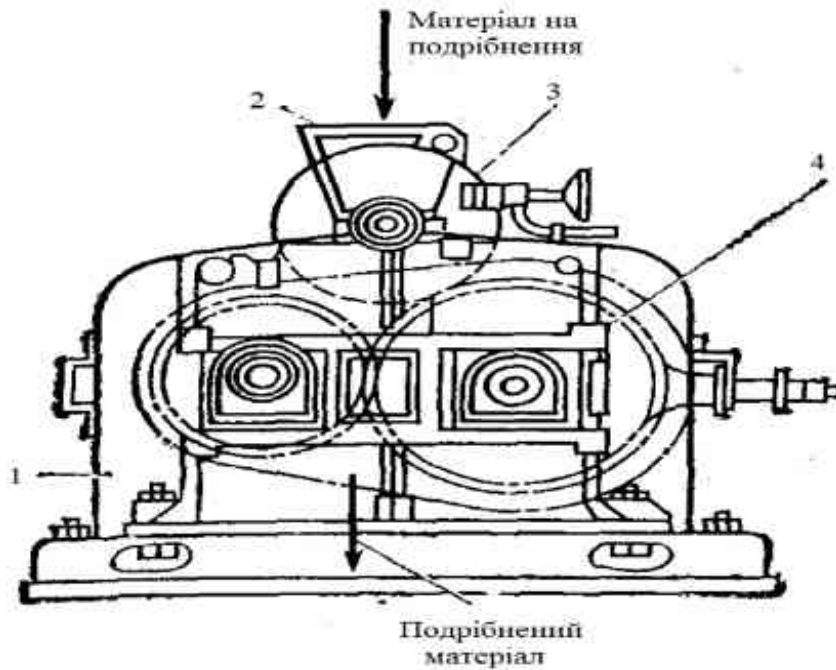
Враховуючи специфічні особливості елементів насіння рицини (ядро внаслідок його великої олійності при значному подрібненні перетворюється в мазеподібний нетранспортабельний продукт, в якому рівномірний розподіл вологи практично неможливий), подрібнення здійснюється тільки на однопарних рифлених вальцевих верстатах (рис. 2) [6]. Такий пристрій дозволяє ефективно подрібнювати суміш враховуючи розмірні характеристики насіння рицини.

Встановлено, що властивості олійного матеріалу – вологість та лузжистість, істотно впливають на якість подрібнення. Із збільшенням вологості ядра, пружність і міцність понижуються. Надлишковий вміст в олійному матеріалі лушпиння, що має тверду структуру, погіршує якість подрібнення. Зі збільшенням швидкості навантаження зменшується межа пропорційності і межа міцності [7].

При застосуванні технології переробки рицини без попереднього відділення лушпиння, показник лузжистості змінювати неможливо і забезпечується він тільки кількістю лушпиння в насінні. Що ж стосується технології переробки рицини із попереднім відділенням лушпиння, то показник лушпиння забезпечується операцією розділення рушанки рицини.

Для того, щоб досягти більш рівномірного розподілу вологи у гелівій частині ядра та для збереження транспортуючих властивостей, вологість насіння повинна бути на рівні 7 % [6]. Із такою вологістю її подрібнюють на однопарних плющильних вальцах (рис. 1.5). Зазор між валками повинен бути на 1,0...2,0 мм менше, ніж товщина середньої за розмірами фракції насіння [6]. Окрім цього, валки повинні бути рифленими із глибиною рифлів 3 мм. З огляду на мазеподібну структуру помелу насіння рицини, транспортування її дещо проблематичне і тому вальки необхідно встановлювати так, щоб під кутом не менше 80° м'ятка поступала безпосередньо у жаровню для проведення волого-теплової обробки [8].

Головна вимога при проведенні волого-теплової обробки – це отримання жмиху необхідної олійності, тобто забезпечення оптимального віджиму олії. Ця вимога поєднується з тим, що мезга, яка поступає на пресування перш за все повинна мати пластичну та пружну структуру. Це дозволяє розвинути достатньо високий тиск у пресі без вичавлювання мезги із зеєрних отворів.



**Рис. 2. Однопарний рифлений пальцевий верстат [6]**

1 – станина; 2 – живлячий ківш; 3 – розподільчий валик; 4 – рифлені валки

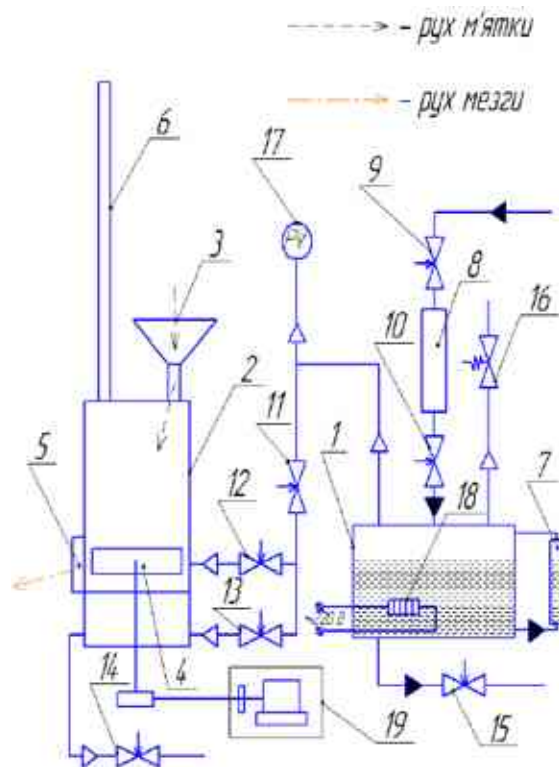
Конкретні вимоги до властивостей мезги різні в залежності від способів подальшої її переробки: однократне пресування, двократне пресування, форперсування перед екстракцією [6].

Для забезпечення якості процесу волого-теплової обробки для м'ятки насіння рицини, авторами [9] запропоновано експериментальний пристрій (рис. 3), який дав змогу визначити режими волого-теплової обробки перед пресуванням мезги рицини. Згідно технологічного процесу спочатку відбувається зволоження м'ятки, а потім її сушіння. Для цього, рушанка насіння рицини подається до жаровні 2 через завантажувальний бункер 3. Зволоження м'ятки виконується гострою парою, що подається до чану жаровні 2 через відкритий вентиль 11 та 12. Вентиль 13 при цьому закритий. Причому, вентиль 12 відкритий повністю, а вентиль 11 – відкритий на таке положення, щоб тиск пари, залишався незмінним, який контролюється датчиком тиску 17. Перемішування рушанки під час жаріння виконується за допомогою мішалки 4. Пар під час жаріння відводиться через трубу для відведення парів 6. Сушіння м'ятки здійснюється глухою парою, що подається до нижньої частини жаровні через вентиля 11, 13 та 14. Для цього перекривається вентиль 12, що подає гостру пару, та відкриваються повністю вентиля 13 та 14. Положення вентиля 11 – не змінюється для заданого значення тиску. Жаріння м'ятки закінчується вивантаженням матеріалу через вивантажувальне вікно 5. Прокідний вентиль 15 необхідний для зливання води з парогенератору [9].



Авторами роботи [10] встановлені оптимальні режими волого-теплової обробки: зволоження м'ятки насіння рицини повинно відбуватися до вологості від 9,1% до 10,7%; сушіння м'ятки – від вологості 6,7% до 5,7%; зволоження і сушіння м'ятки повинно здійснюватися гарячою парою, тиск якої складає від 3,7 кПа до 4,4 кПа.

Незалежно від продуктивності, шар олійного матеріалу повинен мати висоту до 300 мм. Це потрібно для того, щоб відбувався процес самопропарювання, тобто коли волога, що випарюється із нижніх прошарків, проходить через всю товщу м'ятки, що створює її однорідність.



а)

б)

**Рис. 3. Експериментальна жаровня: а – технологічна схема; б – загальний вигляд [9]**

1 – парогенератор; 2 – жаровня; 3 – завантажувальний бункер; 4 – мішалка; 5 – вивантажувальне вікно; 6 – труба для відведення парів; 7 – мірне скло парогенератору; 8 – додаткова ємність для води; 9-15 – прохідний регулюючий вентиль; 16 – зворотній клапан; 17 – манометр; 18 – нагрівальний елемент; 19 – електродвигун з редуктором

**Висновки.** Встановлено, що мезга насіння рицини, яка направляється на пресування, повинна мати відповідні параметри. Такі параметри мезги забезпечуються відповідними підготовчими операціями: обрушення насіння, відділення оболонки від ядра, подрібнення насіння та волого-теплова обробка м'ятки. Проведеним аналізом літературних

джерел, визначено оптимальні режими та технологічні параметри кожної підготовчої операції перед пресуванням насіння рицини, при застосуванні яких забезпечується максимальний вихід касторової олії після пресування.

### *Список використаних джерел*

1. Журавель Д.П. Концепція енергетичного та кормового забезпечення виробництва продукції тваринництва. Біоенергетичні системи: матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції (Житомир, 28 - 29 травня 2020 р.) – Житомир: Поліський національний університет (Житомирський національний агроекологічний університет), 2020.

2. Журавель Д.П. Раціональне використання біологічних олив для мобільних енергетичних засобів. Науковий вісник ТДАТУ. Вип. 10. Том 1. Мелітополь, 2020. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsstt/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-1.pdf>

3. Дідур В.А. Зубкова К.В. Удосконалення способу отримання безлузгового ядра насіння рицини. Праці Таврійської державної агротехнічної академії 2006. – Вип 42. – С. 83-91.

4. Дідур В. А. Зубкова К.В. Аналіз дослідження фізико-механічних властивостей насіння рицини. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2004. Вип. 19. С. 22-28.

5 Дідур В. А., Чебанов А.Б. Оптимізація параметрів пневмосепаратора для сепарації рушанки рицини. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2010. Вип.10, т.8. С. 70-77.

6. Копейковский В. М., Данильчук С. И. и др. Технология производства растительных масел: учебник. М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1982. 414 с.

7. Кошевой Е.П. Технологическое оборудования предприятий производства растительных масел. СПб: ГИОРД, 2001. 368 с.

8. Гавриленко И.В. Маслоэкстракционное производство. М.: Пищепромиздат, 1960. 247 с.

9. Didur V., Kyurchev V., Chebanov A., Aseev A. Increasing the efficiency of the technological process of processing castor-oil seeds into castor oil. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P.17-28.

10. Дідур В.В., Дідур В.А., Чебанов А.Б., Асєєв А.А. Оптимізація параметрів волого-теплової обробки м'ятки при виділенні олії із насіння рицини. Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. Вип.8. Т.2., С.1-8;

УДК 621.311

## ЗАОЩАДЖЕННЯ КОШТІВ ШЛЯХОМ НАГРІВАННЯ ВОДИ ВІД СОНЦЯ

Удовиченко К.О., студент

Гулевський В.Б., к.т.н., доцент

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми.** В будь-яку пору року, незалежно від погодних умов люди використовують гарячу воду для своїх потреб. Звичні водонагрівачі, що встановлені в квартирах та приватних будинках базуються на принципі нагріву води з використанням електричної енергії або газу. Фактично не звертаючи увагу на сонячні колектори.

**Аналіз останніх досліджень.** Від типу нагріву залежать витрати на його обслуговування та оплата комунальних послуг з урахуванням затраченої енергії на нагрів води. Проведемо деякі розрахунки: згідно даних, що подані в джерелі [1] теплоємність води  $0,001 \text{ Гкал/ м}^3/\text{°C}$ .

Для нагріву  $1 \text{ м}^3$  гарячої води на  $24 \text{ °C}$  необхідно витратити:

$$24 \text{ °C} \cdot 0,001 \text{ Гкал/м}^3/\text{°C} = 0,024 \text{ Гкал.}$$

Питома теплота згоряння природного газу  $0,0087 \text{ Гкал/ м}^3$  [1].

Щоб отримати  $0,024 \text{ Гкал}$  треба спалити:

$$0,024 / 0,0087 = 2,7 \text{ м}^3 \text{ газу.}$$

Згідно даних станом на 21.10.2020 з джерела [2] вартість  $1 \text{ м}^3$  газу без транспортування складає близько  $6,82 \text{ грн}$ .

Виходить, що вартість  $2,7 \text{ м}^3$  природного газу, необхідного для нагріву  $1 \text{ м}^3$  води на  $24\text{°C}$  дорівнює [1]:

$$2,7 * 6,82 = 18,42 \text{ грн.}$$

Розглянемо можливість використання електричного водонагрівача для нагріву води.

Відповідно до даних калькулятора розрахунку витрат на нагрів з джерела [3] для нагріву 100 літрів води з  $10 \text{ °C}$  до  $34 \text{ °C}$  при ККД нагрівника  $90\%$  буде витрачено  $3,1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$  при тарифі  $1,68 \text{ грн}$  станом на 21.10.2020 вартість розігріву становить:

$$3,1 \cdot 1,68 = 5,21 \text{ грн}$$

Це значно дешевше за 1 літр нагрітої води за допомогою газу.

**Формулювання цілей.** Проаналізувати раціональність використання енергії сонця для нагріву води.

**Основні матеріали дослідження.** З огляду на аналіз останніх досліджень та порівняння затрачених коштів на нагрів води безумовну перевагу має електричний водонагрівач, але з огляду на національну та міжнародну тенденцію використання «зеленої» енергії проведемо дослідження можливості використання енергії сонця для нагріву води.

В залежності від бюджету та обсягів нагрівання води можливе використання систем різних потужностей:

- вакуумні сонячні колектори;
- термосифонні геліосистеми;
- плоский сонячний колектор.

Розглянемо використання термосифонної геліосистеми Altek SD-T2-5 з баком на 50л. Його середня вартість в мережі інтернет складає 210\$, що станом на 29.10.2020 становить близько 6000 грн.



**Рис. 1. Зовнішній вигляд термосифонної геліосистеми Altek**

Геліосистема – це пристрій, який служить для перетворення енергії сонячної радіації (сонячна енергія) в форму, яка зручна для використання людиною [4].

Термосифонний безнапірний сезонний водонагрівач Altek SD-T2-5 набраний з окремих вакуумних трубок. Енергія сонячного випромінювання поглинається абсорбером і перетворюється в теплову і нагріває воду, а завдяки покриття збільшується ефективність роботи сонячного колектора. Дана система працює з вільною циркуляцією теплоносія. Вакуумна трубка конструктивно складається з двох скляних колб, а з простору між ними викачане повітря, що знижує втрату тепла.

В залежності від конструкції і покриття бака можливе забезпечення стійкості до корозії і хорошу теплоізоляцію [5].

Переваги системи:

- доступна ціна;

- можливість використання без додаткового обладнання (насос і т.п.);
- нагрів протягом 3-4 годин (в сонячний день до температури 40-50 °С).

Існує можливість додаткового укомплектування електронагрівачем, контролером(контроль температури, індикація рівню рідини), встановлення пристрою клапан-відсікач тиску.

Недоліки:

- сезонність – зниження потужності внаслідок інсоляції(зниження сонячного опромінення);
- на геліосистему негативно впливають перепади напруги. Буває, що у випадку відключення електрики, геліосистема закипає. Згодом, якщо станеться кілька десятків подібних закіпань, то система може вийти з ладу. У такому випадку потрібно буде проводити сервісне обслуговування. Але даний недолік можна знешкодити встановленням безперебійника або забезпеченням резервного живлення.

**Висновки.** Використання геліосистем з метою нагріву води підтримує тенденцію використання «зеленої» енергії. Використовуючи енергії сонця ми суттєво економимо кошти не витрачаючись на електрику або газ, який міг використовуватись для підігріву води. У разі укрупнення мережі геліосистеми можливе використання енергії сонця для опалення будівель внаслідок циркуляції гарячої води по трубах, що фактично є шляхом до енергетичної незалежності.

#### *Список використаних джерел*

1. Подогрев 2019. URL: <https://babruysk.by/podogrev-vody-2019-ili-kak-nas-nagrevayut-na-vode/>. – Назва з екрану.
2. Тарифи на газ для населення в жовтні. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/> - Назва з екрану.
3. Калькулятор витрат кВт · год енергії на нагрів води. URL: <https://kuryliak.pp.ua/js/calc/voda.php>. – Назва з екрану.
4. Стьопін Ю. О., Гулевський В. Б., Перова Н. П. Энергобереження і використання поновлювальних джерел енергії: Методичні вказівки до практичних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 141 – “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. Мелітополь: ПП Белень Л.В, 2019. 60 с.
5. Термосифонная гелиосистема. URL: <https://solar-tech.com.ua/solar-power-system/solar-collectors/geliosistema-altek-sd-t2-5.html>.



УДК 628.385(476)

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СУБСТРАТА ДЛЯ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Швед И.М.

Кольга Д.Ф., к.т.н., доцент

Сапожников Ф.Д., к.т.н., доцент

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь.*

**Постановка проблемы.** В соответствии с Государственной программой «Энергосбережение» на 2016–2020 годы одним из важнейших факторов энергетической безопасности страны является повышение уровня удовлетворения потребности в энергии за счет собственных энергоресурсов [1].

Зависимость страны в поставках углеводородных ресурсов привела к развитию энергетики от возобновляемых источников энергии. Начали широко применяться ветровые, солнечные и биогазовые установки.

На сегодняшний день доля возобновляемых источников энергии в мире составляет порядка 14 %, из которых энергоресурсов от биомассы – порядка 1,8 % и продолжает расти. По прогнозам ученых, доля энергоресурсов от биомассы к 2040 г. составит 23,8 % [2].

Количество биогазовых установок в республике постепенно увеличивается. В настоящее время действует 17 биогазовых установок мощностью 25,7 МВт, а также в рамках реализации программы «Энергосбережение» на 2016–2020 годы запланирована сдача в эксплуатацию установок суммарной мощностью не менее 30 МВт [3].

Использование биомассы в биогазовых установках требует переработки с дополнительными энергозатратами. Источником для получения бродильного субстрата используемого в метантенках являются биологически разлагаемые компоненты продуктов жизнедеятельности человека и отходов сельскохозяйственного производства. Состав биогаза и его количество, выходящего после переработки бродильного субстрата, зависят от поставляемого в установку сырья. Использование того или иного сырья для субстрата зависит от его доступности для применения в метантенках. При этом разложение используемого в субстрате сырья происходит за счет деятельности отдельных типов бактерий, что налагает к нему определенные требования: в основе субстрата должны хорошо развиваться бактерии, содержать разлагающее органическое вещество и иметь высокую влажность (90–94 %), нейтральную или близкую к нейтральной величину рН и не содержащие токсичных химических соединений в

концентраціях, зменшуючих ріст і розмноження бактерій. Це можна здійснити шляхом обґрунтованого підбору необхідної основи бродильного субстрата.

**Основные материалы исследования.** В пользу использования биогазовых установок говорит тот факт, что энергетическая переработка отходов органического происхождения приводит к значительному уменьшению загрязненности окружающей среды.

Применение биогазовых установок позволяет решить проблемы, характерные для сельскохозяйственного производства:

- экологическую – при которой из ферм и комплексов осуществляется утилизация навоза и навозных стоков, а также бытовые отходы;
- энергетическую – при которой в процессе брожения субстрата получают биометан, электрическую и тепловую энергию, что способствует сельскохозяйственной организации быть менее зависимым в энергоресурсах от государства и иметь дополнительный доход от реализации излишков получаемых энергоресурсов;
- аграрную – при которой решается вопрос производства качественных органических удобрений с минимальным нахождением побочных примесей.

По своим физико-химическим свойствам биогаз близок к природному газу, так как основу его составляет метан, который получается в результате разложения органических веществ растительного и животного происхождения. Поэтому основу бродильного субстрата составляют жидкий навоз, отходы пищевой и перерабатывающей промышленности, а также бытовые отходы.

На биогазовых установках в сельскохозяйственных организациях, занимающихся выращиванием животных и птицы, основу бродильного субстрата составляет навоз из животноводческих помещений ферм и комплексов. Основные характеристики бродильного субстрата из навоза разных животных представлена в таблице 1.

*Таблица 1*

**Выход биогаза, получаемого при анаэробном сбраживании навоза разных животных [4]**

<b>Основа субстрата</b>	<b>Содержание сухого вещества, %</b>	<b>Выход биогаза, м<sup>3</sup>/т</b>
Навоз крупного рогатого скота	8	22
Свиной навоз	6	25
Птичий помет (твердый)	22	76

Идеальным считается навоз крупного рогатого скота, так как в нем содержатся микроорганизмы в большом количестве. Также проанализировав таблицу, стоит отметить, что выход биогаза из навоза небольшой. Поэтому для повышения выхода биогаза с одной тонны навоза в него добавляют добавки: солому ячменя или овса, кукурузный силос,

зеленую массу, зерновую смесь и т.д. При этом выход биогаза из соломы ячменя составляет 300 м<sup>3</sup>/т, кукурузного силоса – 208 м<sup>3</sup>/т и кукурузной зернестержневой смеси, с содержанием клетчатки 5 %, выход биогаза составляет 414 м<sup>3</sup>/т [4].

Преимуществом субстрата из навоза является то, что в процессе анаэробного брожения повышаются удобрительные свойства навоза. Это происходит за счет минерализации находящегося в навозе азота. При этом навоз практически неисчерпаемое сырье, так как его масса постоянно восполняется. На ряду с этим следует отнести и экологическую составляющую, препятствующую загрязнению воздушно-водного бассейна вокруг ферм и комплексов.

К недостаткам следует отнести небольшой выход биогаза, что приводит к необходимости в навоз добавлять компонент с большим выходом биогаза. В большинстве случаев происходит добавление кукурузного силоса, что могут позволить себе сельскохозяйственные организации с достаточной кормовой базой и государственной поддержкой.

Особым является сырье для бродильного субстрата из пищевых отходов и вторсырья перерабатывающей промышленности. К ним относятся отходы рыбного и забойного цеха (кровь, жир, кишки и т.д.); отходы молокозаводов – лактоза, молочная сыворотка; барда спиртового производства, сточные воды целлюлозных заводов и др. Сравнительная характеристика по выходу биогаза из отходов пищевой и перерабатывающей промышленности представлена в таблице 2.

Таблица 2

**Выход биогаза, получаемого при анаэробном сбраживании отходов пищевой и перерабатывающей промышленности [4]**

Основа субстрата	Выход биогаза, м <sup>3</sup> /т
Отходы убоя скота	260–280
Жом	640
Сточные воды винных заводов	300–600
Жир	1300
Барда послеспиртовая	70

Как видно из таблицы 2, максимальный выход биогаза (1300 м<sup>3</sup>/т) можно получить из жира.

Преимуществом субстрата из отходов пищевой и перерабатывающей промышленности является то, что они содержат различное количество белков, жиров и углеводов, являющихся высококачественным сырьем для производства биогаза. Также к преимуществу бродильного субстрата на этой основе следует отнести увеличение скорости разложения компонентов и как следствие быстрое получение биометана на выходе.

К недостаткам следует отнести поддержание необходимого температурного режима препятствующего кристаллизации жировых соединений, попадание с отходами токсичных соединений, накопленных в результате процесса переработки, что приводит к окислению субстрата и в итоге может наблюдаться падение процесса выработки биометана.

Также основой бродильного субстрата являются бытовые отходы. В настоящее время во всем мире является проблемой нейтрализации или утилизации бытовых отходов.

В Республике Беларусь доля городского населения составляет около 65 % от общего количества населения страны, что приводит к увеличению концентрации бытовых отходов в городах республики. При этом объем бытовых отходов увеличивается, а территориальные возможности для их утилизации уменьшаются.

В настоящее время только десятая часть бытовых отходов республики отправляется на вторичную переработку, остальная часть захоранивается на мусорных полигонах.

Для получения биогаза из бытовых отходов применяется аэробная обработка, что приводит к их разогреву за счет окисления, разложению высокомолекулярных органических соединений, распаду органических веществ на простые составляющие. При разложении бытовых отходов выделяется биогаз, содержащий до 60 % метана. При разложении 1 тонны бытовых отходов в среднем выход биогаза составляет 100–200 м<sup>3</sup> [5, 6].

Преимущество использования бытовых отходов для получения биогаза заключается в том, что их не надо искать. При этом отходы в обязательном порядке должны быть уничтожены. Бытовые отходы содержат низкий уровень примесей в разлагаемой органической фракции, при высоком проценте сухого вещества и выходе биогаза. При этом перед проведением процесса анаэробного сбраживания не нужна предварительная сепарация сырья.

Недостатком использования бытовых отходов для получения биогаза являются дополнительные финансовые и энергозатраты связанные с предварительной обработкой перерабатываемого сырья. Также немаловажным недостатком использования бытовых отходов является то, что по сравнению с использованием навоза и пищевых отходов их разложение оказывает неблагоприятное воздействие на экологию.

**Выводы.** Анализ применяемых в биогазовых установках субстратов, их преимуществ и недостатков, показал, что по показаниям выхода биогаза приходящегося на 1 тонну сырья наилучшим является жир, так как выход биогаза составляет 1300 м<sup>3</sup>/т. При этом попадание в него отходов токсичных соединений приводит к падению выработки биометана, что приводит к необходимости поддержания более требовательного температурного режима для осуществления процесса брожения.

Применение в биогазовых установках навоза не является лучшим сырьем для производства биогаза, но при этом именно в навозе животных содержится большинство необходимых бактерий, ускоряющих процесс выработки метана и поддержания эффективной работы установки. При этом навоз является неисчерпаемым источником для субстрата биогазовых установок. Также использование навоза как субстрата, в процессе анаэробного сбраживания, приводит к улучшению его удобрильных свойств и как следствие повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Использование биогаза позволяет значительно уменьшить энергоресурсы путем совместного использования производства электроэнергии и тепла. Производство биогаза позволяет предотвратить выбросы парниковых газов в атмосферу. Поэтому ограничение распространения метана лучший способ улучшить экологическую обстановку и снизить последствия глобального потепления. Однако получение биогаза из субстрата процесс требующий больших финансовых затрат и который не может обойтись без поддержки со стороны государства.

#### ***Список литературы***

1. Государственная программа «Энергосбережение» на 2016–2020 годы / Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь. Введ. 28.03.2016. Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2016. 61 с.

2. Официальный интернет-портал Украины URL: <https://msd.com.ua/bioenergetika-mirovoj-opyt-i-prognoz-razvitiya/bioenergetika>.

3. Национальный план действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь до 2020 года / Постановление Совета Министров Республики Беларусь/ Утв. 21.12.2016, № 1061. Минск, 2016. 13 с.

4. Официальный интернет-портал Украины URL: <https://msd.com.ua/bioenergetika-mirovoj-opyt-i-prognoz-razvitiya>.

5. Грачев В. А., Никитин А. Т., Фомин С. А. Управление отходами производства и потребления в системе экологической безопасности: научно-методическое пособие. Под общей редакцией члена-корреспондента Российской академии наук, профессор В. А. Грачев. Москва: Изд-во МНЭПУ, 2009. 500 с.

6. Соколова М. В. Повторное использование бытовых отходов. Современные инновации. М.: Изд-во ООО «Олимп», 2017. № 2(16). С. 5–7.



УДК 621.327.97

## РОЗРАХУНОК ШВИДКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНИХ ОСЬОВИХ ВЕНТИЛЯТОРІВ У СВИНАРНИКАХ

Жила В.І., к.т.н., доц.,

Гузенко В.В., асист,

Марченко В.В., студент

*Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, м. Харків, Україна.*

**Постановка проблеми.** Свинарник, де зазвичай утримують велику кількість тварин, потребує особливого мікроклімату. Свині чутливі до параметрів мікроклімату в приміщенні, фекалій, а особливо – до випаровувань аміаку. Сьогодні, сучасне обладнання – системи вентиляції та охолодження можуть допомагати у вирішенні цих проблем. Можливість цих тварин виділяти тепло в навколишнє середовище обмежена, тому дуже небезпечною є ситуація, коли температура навколишнього середовища досягає рівня температури їхньої крові. Якщо навколишнє середовище буде теплішим за кров, свині можуть просто не витримати цього.

У сільському господарстві для вентиляції виробничих приміщень широко використовується витяжні осьові вентилятори з електродвигунами підвищеного ковзання АИРП [1].

Регулювання частоти обертання двигунів здійснюється за допомогою зміни напруги, підведеної до статора двигуна. Співробітниками ХНТУСГ ім. П. Василенко були проведені випробування електропривода з метою використання частотного регулювання швидкості обертання електродвигуна з метою енергозбереження.

**Мета статті.** Підвищення якості розрахунків характеристик частотного регульованого асинхронного електропривода.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз показав, потужність, що споживана електроприводом з двигуном АИРП80-А6У3 і перетворювачем частоти, на регульовальних характеристиках у 1,5–2,5 рази менша, ніж при живленні цього двигуна від перетворювача напруги; коефіцієнти потужності порівнювальних характеристик в цих методах живлення практично однакові; двигун АИРП при живленні від перетворювача частоти працює з меншим ковзанням і споживає менший струм порівнюючи з перетворювачем напруги.

Тривалі дослідження, що проводяться на основі сучасної науково-технічної літератури показали доцільність переведення електропривода

воду на частотне регулювання, але в той же час для отриманих результатів були використані стенди лабораторії моделювання в університеті та приладове забезпечення. [2-4].

Великий внесок у розвиток теорії частотного управління внесли: А.С. Сандлер, І.І. Епштейн, які розглянули як статичні, так і динамічні режими роботи АД при живленні від перетворювачів частоти (ПЧ). Дослідження базувалися на теорії диференціальних рівнянь та на комп'ютерних методах моделювання [2].

Саме сучасне комп'ютерне моделювання, зокрема в програмі MatLab, дає можливість проводити дослідження на віртуальних лабораторних стендах в реальному часі, що суттєво зменшує затрати робочого часу та коштів.

**Основні матеріали дослідження.** При організації системи вентиляції важливо простежити, щоб отриманий мікроклімат в приміщенні відповідав зооветеринарним нормам. При виборі устаткування для системи вентиляції свинарників необхідно враховувати індивідуальні особливості кожного вентиляованого приміщення, а також кліматичні особливості регіону, в якому воно розташоване. За умови, що перераховані чинники будуть правильно визначені і враховані, а вентиляційне устаткування для приміщень буде підібрано і встановлене в точній відповідності з ними, можна гарантувати, що вентиляція свинарника (рис. 1) буде найбільш якісною, а температура і вологість повітря будуть вистримані в межах, що є оптимальними для тварин.

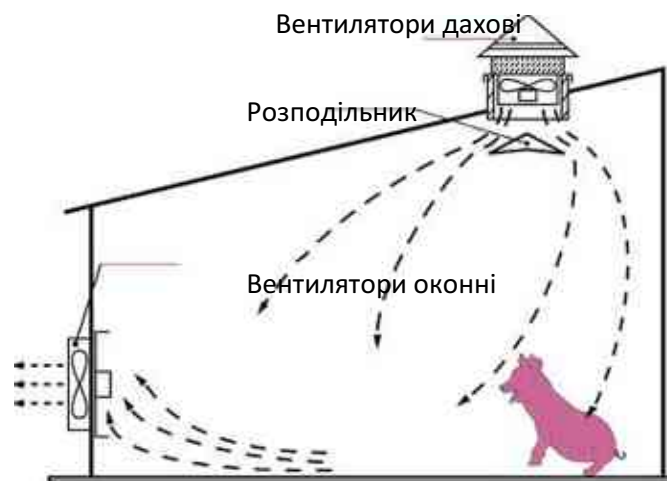
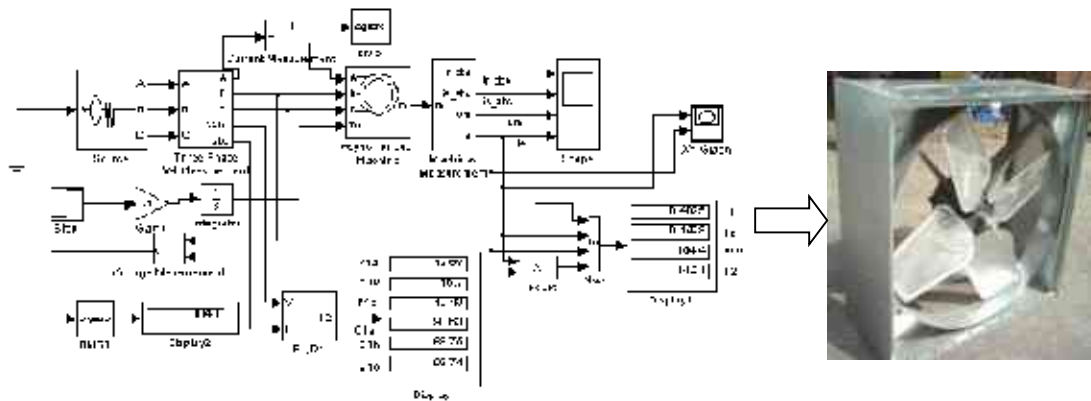


Рис. 1. Схема вентиляції

Показаний на схемі принцип організації вентиляції, свинарника дозволяє забезпечити якісний обмін повітря. При цьому переміщення повітря в межах приміщень свинарника не буде швидким, що дозволяє уникнути протягів і зберегти таким чином здоров'я тварин.

Але головною метою є отримання віртуальних моделей, які прогнозують перспективу економічної доцільності, перед запровадженням в дію такої системи у свинарниках. На рис. 2 наведена модель привода

трифазного асинхронного двигуна при живленні від мережі. Модель складалась у пакеті Simulink програми MatLab.



**Рис. 2. Віртуальна модель асинхронного двигуна в програмі MatLab з вентиляторним навантаженням**

Параметри електродвигуна, які потрібно було визначити, знаходили за формулами:

Електромагнітний обертальний момент при критичному навантаженні:

$$M_{к} = M_{*к} \frac{P_{н} \cdot 10^3}{\omega_{н}} = M_{*к} \frac{P_{н} \cdot 10^3}{0,105 \cdot n_{н}} = M_{*к} \cdot M_{н} \quad (1)$$

де  $P_{н}$  – номінальна потужність, кВт;

$n_{н}$  – номінальна частота обертання двигуна, об/хв.;

$M_{н}$  – номінальний момент двигуна, Нм.

Критичне ковзання, яке можливе тільки при максимальному моменті двигуна:

$$S_{к} = \frac{S_{н} + \sqrt{S_{н} \frac{M_{*к} - 1}{M_{*к} - 1}}}{1 + \sqrt{S_{н} \frac{M_{*к} - 1}{M_{*к} - 1}}} \quad (2)$$

де  $M_{*к}, M_{*н}$  - кратність моментів критичного та максимального.

Значення приведеної індуктивності розсіювання статора  $L'_{1p}$  та ротора  $L'_{2p}$ :

$$L'_{1p} = L'_{2p} = \frac{U_{н.ф}}{4\pi f (1 + C^2) k I_{н}} \quad (3)$$

де  $k_i$  – кратність пускового струму, в.о [3].

Розрахункові параметри схеми заміщення та уточнені їх значення на моделі для електродвигуна АИРП80-А6У2, паспортні дані якого наведені в табл. 1:

Таблиця 1

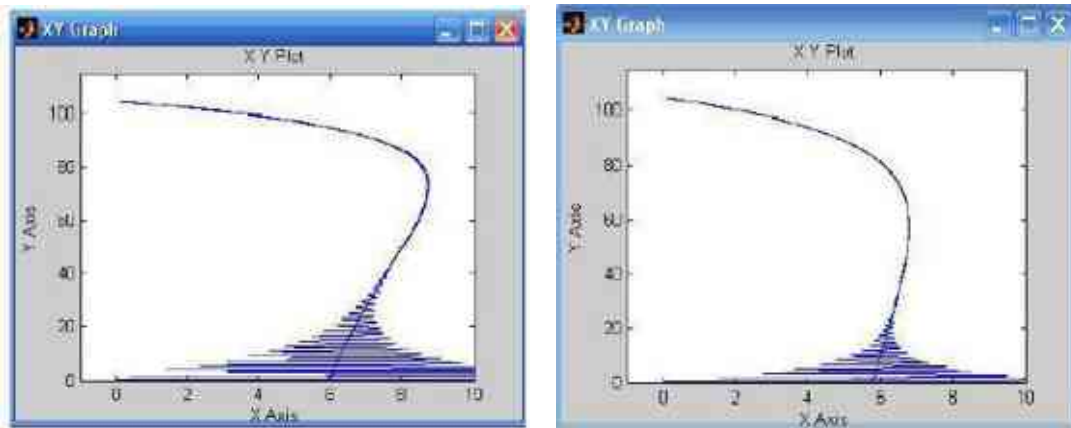
Паспортні дані двигуна АИРП80-А6У2, та розрахункові параметри

$P_n$	$n_n$	$\frac{M_k}{M_{ном}}$	$\frac{M_n}{M_{ном}}$	КПД	$J_p$	$I_n$	m
кВт	об/хв	в.о.	в.о.	%	кг·м <sup>2</sup>	А	кг
0,37	900	1,6	1,4	67,5	0,0,0057	1,07	9,0

$M_n$	$\omega_n$	$s_n$	$s_k$	$\omega_k$
Н·м	с <sup>-1</sup>	в.о.	в.о.	рад/с
3,92	94,2	0,1	0,45	57,6

На рис. 3 наведена механічна характеристика двигуна з розрахованими і уточненими параметрами.



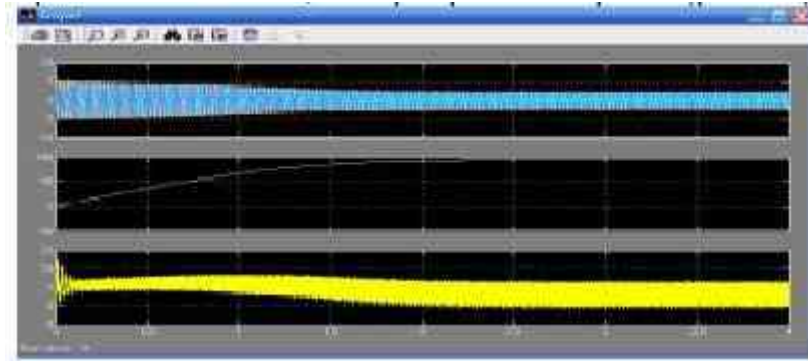
**Рис. 3. Механічна характеристика електродвигуна АИРП з розрахунковими та з уточненими параметрами**

Враховані характеристики, які виражають всі електромеханічні та механічні властивості двигунів системи вентиляції свинарника [4]. Доведено, що для двигунів з підвищеним ковзанням АИРП вони є дуже важливими при проектуванні вентиляційних систем. Тому, використовуючи необхідні формули для отримання параметрів, і для введення у програму шуканих даних, це сприяє появі позитивних фактів для їх подальшого використання.

Моделювання проведено за рахунок почергового задання у блоці керування пакету Simulink частоту струму на виході автономного інвертора від частоти номінальної мережі до 20 Гц з кроком 10Гц. У відповідності до частоти струму проводимо корекцію напруги в джерелі живлення згідно з вентиляторним навантаженням по необхідному закону.

Час моделювання вибирали таким чином, щоб перехідні процеси струму статора, швидкості, та електромагнітного моменту двигуна закінчилися по показанням осцилографа Scope 1 (рис.4).

На рис. 4 приведена осцилограма миттєвих значень струму, швидкості.



**Рис. 4. Осцилограма миттєвих значень по показанням осцилографа Scope 1**

Завдяки отриманим результатам, було визначено максимальне значення напруги і струму силового модуля. На осцилограмі видно, що в колі навантаження інвертора виникають періодичні імпульси перенапруг, амплітуда яких у 2 – 3 рази перевищує амплітудне значення вихідної напруги інвертора. Необхідно враховувати ці дані при виборі силових напівпровідникових елементів.

**Висновки.** В результаті досліджень встановлено, що регульований ЕП вентиля з частотним перетворювачем частоти споживає в 1,5–2,5 рази менше енергії порівняно з перетворювачем напруги.

Доведено, що доцільно використовувати віртуальні моделі в системі MatLab. Необхідно, враховувати ці параметри для використання в пакеті Simulink по наведеним формулам, а потім на моделі при живленні від мережі уточнювати за номінальними каталожними даними двигуна.

#### ***Список використаних джерел***

1. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин: Учеб. для вузов. - 3-е изд., М.: Высш. шк., 2001. 327 с.
2. Высоцкий В.Е., Зубков Ю.В., Тулупов П.В. Математическое моделирование и оптимальное проектирование вентиляльных электрических машин. М.: Энергоатомиздат, 2007.
3. Герман-Галкин Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0. М.: Коронапринт, 2001. 320 с.
4. Герман-Галкин Г., Кардонов Г.А. Электрические машины: Лабораторные работы на ПК. СПб.: КОРОНА принт, 2007. 256 с.



УДК 621.472

## ВИКОРИСТАННЯ ДВИГУНА ЗОВНІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ДЛЯ ВИРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Абаджян Є.Б., учениця НВК №16

Постол Ю.О., к.т.н.,

Стручаєв М.І., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

**Постановка проблеми.** У даній статті розглянуті перспективи використання двигуна зовнішнього згоряння для генерації електричної енергії з високопотенційних та низькопотенційних джерел енергії. Представлені основні переваги та недоліки технології використання двигунів Стірлінга, розглянуто термодинамічний принцип роботи системи і її ефективності. Проаналізовано практичний приклад застосування установки, що використовує даний метод виробництва енергії, наведені технічні способи підвищення ефективності роботи установки.

**Основні матеріали дослідження.** Зараз питання використання енергозберігаючих технологій і відновлюваних енергетичних ресурсів займають провідні позиції державної політики України. Володіючи гігантським запасом природного біоматеріалу, наша країна не використовує весь його потенціал. Прикладами пристроїв, які можуть з біоресурсів виробляти теплову та електричну енергію, є пристрої, що використовують двигун Стірлінга. Основною причиною відновлення інтересу до двигуну цього типу, винайденому ще в 1816г., є його серйозні позитивні сторони [1,2]:

1) можливість використання різних джерел теплоти з високим і низьким температурним потенціалом;

2) висока економічність двигуна;

3) багатофункціональність двигуна (крім основного призначення можлива робота в холодильній машині);

4) низький рівень токсичності та задимленості газів, що видаляються за умови використання вуглеводневих палив;

5) робота двигуна не залежить від наявності атмосфери (існує перспектива використання систем даної технології при роботі на глибинах океану і в космосі);

6) показники по шуму і вібрації нижче, ніж у інших двигунів; Варто також згадати і про слабкі сторони цього механізму:

1) відносна складність виробництва;

2) висока ціна виробництва через високу металоємність;

3) показник корисної дії нижче, ніж у двигунів внутрішнього згоряння.

Двигун Стірлінга використовує принцип температурного розширення: робоче тіло розширюється при підвищенні температури і стискається при її зниженні. Принциповою відмінністю двигуна з внутрішнім згорянням робочої речовини і двигуна зовнішнього згоряння, є спосіб підведення теплоти, який відбувається через теплообмінник між холодною і теплою стінкою, що означає постійну замкнутість робочого тепла.

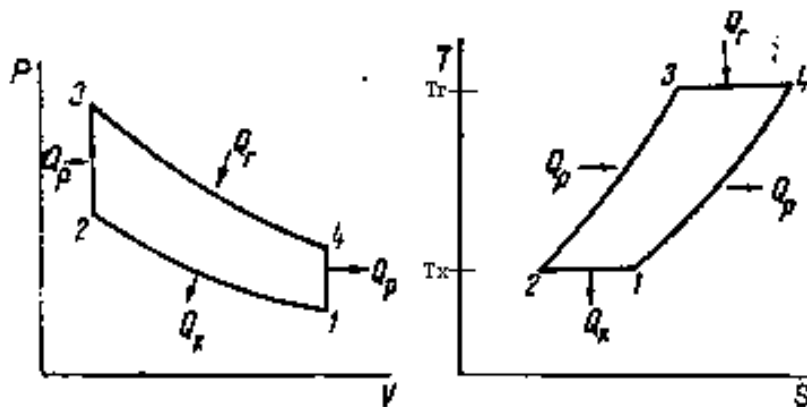


Рис. 1. Термодинамічний цикл Стірлінга

Термодинамічний цикл, запропонований Стірлінгом (рис. 1), включає в себе два процеси при незмінній температурі і два процесу при незмінному обсязі робочої речовини системи: 1-2 - втрата обсягу робочою речовиною по ізотермі температури  $T_x$  з відведенням обсягу теплоти  $Q_x$ , 2-3 - ізохорне перенесення теплового обсягу для робочого тіла, 3-4 - розширення робочої речовини по ізотермі температури  $T_r$  з підведенням обсягу теплоти  $Q_r$ , 4-1 - ізохорне відведення теплоти робочої речовини.

За конструктивним характеристикам двигуни Стірлінга поділяються на альфа-модифікацію, бета-модифікацію і гамма-модифікацію. Виробництво механізмів на основі двигунів Стірлінга існує, але в них використовується тільки висококалорійне паливо (наприклад, газ) - в цьому випадку, при використанні високопотенційного палива переваги пристроїв, що використовують технологію двигуна Стірлінга, незначні в порівнянні з двигунами внутрішнього згоряння.

Аналіз серійно вироблюваних машин Стірлінга, як двигунів, так і холодильних машин, показує, що більшість сучасних компаній намагаються виводити на ринок або ліцензовані, або модернізовані копії машин, раніше розроблених голландською компанією «Philips». Але такий підхід може призвести тільки до одного: копіювання вже існуючих технічних рішень, а, отже, до створення морально застарілої техніки. Саме цим пояснюються невисокі показники ефективності і обмежений ряд по потужності більшості існуючих машин Стірлінга.

В даний час швидкими темпами розвивається малоповерхове ко-тедне будівництво і зведення «таун- хаусів» (один будинок - одна

система ГВП та опалення), а також системи локального поверхового опалення в багатоквартирних житлових будинках. Найчастіше, і в першому, і в другому випадку, для нагріву води на опалення і гаряче водопостачання використовується газовий котел, від якого відводяться продукти згоряння. Утилізація теплоти відхідних димових газів від котла і використання її в двигуні Стірлінга для генерації додаткової електричної енергії значно збільшить енергетичну ефективність системи опалення або гарячого водопостачання (рис. 2).

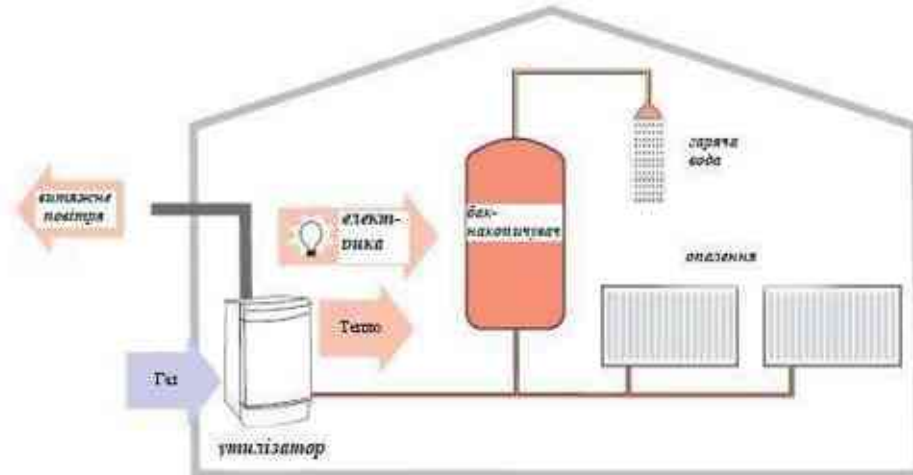


Рис. 2. Схема установки з утилізатором

Принцип дії пристрою: в конструкцію газового котла поміщають двигун Стірлінга бета-модифікації, що використовує один циліндр, гарячий з одного кінця і холодний з іншого. Матеріал, що використовується в даній конструкції повинен мати хорошу теплопровідність. Одну частину конструкції поміщають в обсяг димової труби для газів високої температури, до іншої підводять контур холодного водопостачання, який дає невелике нагрівання води, що йде в гарячий контур, тим самим знижуючи навантаження на теплову продуктивність, і знижуючи температуру «холодної» частини конструкції двигуна. Робоче тіло, поперемінно стискаючи і розтискаючи, приведе в рух поршень, підключений до генератора електричної енергії. Різниця температур при цьому процесі буде досить висока, а якщо врахувати той факт, що йдуть димові гази зазвичай взагалі не користуються, таким способом можна акумулювати близько 80-90% теплоти відхідних димових газів, перетворивши їх в електроенергію з ККД 20-30%, що могло б вистачити на освітлення житлового будинку та підключення декількох побутових приладів-споживачів електроенергії. Прикладом такого пристрою є установка WhisperGen. Цей пристрій і готує теплоносій для потреб гарячого водопостачання та опалення, і утилізує тепло димових газів. Через те, що все знаходиться в одному блоці, вдається уникнути втрат теплоти при русі димових газів. Природний газ спалюється в камері згоряння. Камера встановлена у верхній частині конс-

трукції. Вода проходить в водяній сорочці двигуна, де вона нагрівається і забезпечує охолодження для двигуна. При високому теплоспоживанні допоміжний палик забезпечує додатковий нагрів. Двигун має чотири поршня, робоче тіло - азот.



**Рис. 3. WhisperGen двигун Стірлінга**

**Висновки.** Розвиток і впровадження двигунів Стірлінга прямо пов'язане з використанням в якості джерела низькокалорійне паливо, таке як вугілля і деревина, тому що при використанні висококалорійних палив, таких як нафтопродукти або газ, показник ККД установки, що використовує двигун внутрішнього згоряння буде вище. Перспективність досліджень двигунів із зовнішнім підведенням тепла в Україні обумовлені недостатнім показником оснащення мережами енергопостачання віддалених районів і територій. Наприклад, використовуючи цю технологію в одарених районах країни, можна домогтися енергетичної автономності господарств і людей від централізованих мереж постачання електроенергією.

#### ***Список використаних джерел***

1. Кукис В. С., Романов В. А., Постол Ю. А. Двигатели Стирлинга вчера, сегодня, завтра. *Ползуновский альманах*. 2009. № 3, т. 1. С. 93–98.
2. Кесарийский А. Г., Постол Ю. А., Сатокин В.В. Исследование деформирования резьбового соединения головки и блока цилиндров поршневого двигателя. *ДВС*. 2010. № 1. С. 51 – 53.
3. Кукис В.С., Постол Ю. А., Романов В.А. О возможной аппроксимации рабочего цикла двигателя Стирлинга. *Двигатели внутреннего сгорания*. 2010. № 2. С. 18 – 22.
4. Трикоз В. О., Постол Ю. О. Енергоефективність та енергозбереження. Матеріали I Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 63-65.

УДК 638.1

## СПОСОБИ ОТРИМАННЯ ОЗОНУ І ТИПИ КОНСТРУКЦІЙ ГЕНЕРАТОРІВ ОЗОНУ ДЛЯ СТИМУЛЯЦІЇ БДЖОЛИНИХ СІМЕЙ

Савченко Л.Г.<sup>1</sup>, к.і.н.,

Осіпов Н.О.<sup>1</sup>, магістрант,

<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

**Постановка проблеми.** Стимуляція весняного розвитку: бджолиних сімей здійснюється за рахунок комплексу взаємопов'язаних взаємодіючих між собою і зовнішнім середовищем заходів. Огляд джерел показує, що найкращого результату можна досягти, тільки при поєднанні заходів щодо поліпшення протікання біологічних процесів з профілактикою хвороб і зменшенням впливу інших загальмовують факторів. Навесні, в період весняного росту, внаслідок інтенсивного обміну речовин, має місце підвищений вміст діоксиду вуглецю CO<sub>2</sub>, що часто є гальмуючим фактором росту, а при підвищенні концентрації CO<sub>2</sub> більш 4% бджоли починають активно вентилувати гніздо, що призводить до додаткового зношування осіб і додаткової витрати корму. У цей період відзначена висока вологість повітря в середині вулика, що негативно діє на бджіл і зменшує термічний опір утеплювачів, що призводить до додаткових витрат на обігрів і видалення вологи, яка до того ще стимулює розвиток хвороботворних мікроорганізмів. Саме озон, як речовина володіє незаражувальною дією, при 0,1-100 мг/м поліпшує параметри повітряного мікроклімату і стимулює розвиток біологічних організмів, так як впливаючи на живі клітини озон активізує перебіг біохімічних процесів. Однак дози і концентрації, а також час впливу в різних джерелах точно не показані, що призводить до необхідності проведення подальших досліджень в цій області. Озон є екологічно чистим продуктом і його застосування дозволить відмовитися від стимуляції дорогими препаратами. Для цього необхідно більш глибоко дослідити обробку бджіл озоном і визначити режими для стимуляції, розробити і дослідити способи обробки бджіл озоном, які повинні бути сумісні з традиційною технологією бджільництва на Житомирщині.

Для підвищення якості обробки і зниження її собівартості, доцільно створення недорогих, високопродуктивних озонаторів для стимуляції весняного розвитку бджолиних сімей, що дозволяють обробляти бджіл безпосередньо у вуликах.

Технічні вимоги до таких генераторів озону відрізняються від вимог до генераторів, що використовуються для інших цілей, в т.ч. випускаються промисловістю. Установки повинні подавати озоноповітряну суміш у вулик, перебуваючи при цьому із зовнішнього боку.



### *Основні матеріали дослідження.*

Озон є високоактивною алотропною формою кисню. При звичайних температурах озон – газ світло-блакитного кольору з характерним запахом. Він утворюється в процесах, що супроводжуються виділенням атомарного кисню, а також при впливі на молекулярний кисень потоку частинок.

Можна вважати доведеним, що для взаємного переходу кисень $\rightleftharpoons$ озон характерна неповна оборотність, в результаті чого в кисні присутня деяка рівноважна кількість озону. Крім того, практично всі дослідники відзначають, що розпад озону відбувається повільно при низьких температурах і швидко при високих, тому що швидкість утворення з температурою не змінюється, а швидкість розкладання зростає. При взаємодії з іншими речовинами озон легко віддає один атом кисню і тому є дуже сильним окислювачем. Виключно висока окислювальна активність є найбільш характерною хімічною властивістю озону. Здатність озону реагувати практично з усіма функціональними групами органічних сполук є на думку багатьох авторів причиною його бактеріцидної і мікоцидної дії.

Існує багато способів синтезу озону з кисню і найпростіший з них – нагрівання. При високих температурах (близько 4000-5000 °C) збільшується вміст озону в кисні. Надзвичайно швидке охолодження дозволяє зберегти вміст озону в суміші. Однак при швидкому нагріванні або охолодженні озон має властивість вибухати, при достатніх концентраціях, тому запропонований вище спосіб не є безпечним.

Отримання чистого озону – технічно складне завдання і до теперішнього часу не вирішена. Існує спосіб відділення озону від сумішей шляхом низькотемпературної ректифікації, проте поки що не вдалося усунути небезпеку вибуху.

Більш безпечним є метод адсорбції – десорбції, коли газовий потік суміші продувають через шар охолодженого силікагелю, а потім адсорбент продувають інертним газом. Таким чином можна отримати вміст озону в суміші до 90%.

Найбільш відомими способами отримання озону є електролітичний, хімічний, фотохімічний і електросинтез. Самим раціональним з них, в даний час, вважається синтез озону в бар'єрному електричному розряді. В основі методу лежить дисоціація молекул кисню під впливом енергії електричного розряду в діелектричному проміжку. Особливостями бар'єрного розряду, на думку деяких фахівців є те, що він пов'язаний з порівняно високою енергією електронів і виразно низькою температурою газу з одного боку, а з іншого боку він складається з короткоживучих мало інтенсивних мікророзрядів.

Генератор озону, який базується на принципі бар'єрного розряду, являє собою випромінювач, що складається з двох електропровідних площин-електродів, розташованих через невеликий інтервал один від

одного. До внутрішньої поверхні одного з електродів, а іноді і до поверхні обох прикріплений діелектричний матеріал, який повинен мати якомога більший питомий опір. Шар такого матеріалу служить діелектричним бар'єром, який виключає утворення розрядів дугової або іскрової форми і обумовлює рівномірну структуру розряду.

Більшість дослідників схиляється до висновку, що до числа факторів, які впливають на продуктивність озонатора, але не залежать від його конструкції, відносяться:

- склад озонуемого газу,
- вологість,
- витрата і тиск газу.

На продуктивність озонатора впливають також фактори пов'язані з його конструктивним типом:

- наявність або відсутність системи охолодження електродів і діелектриків зони тихого розряду для запобігання передчасного руйнування під дією теплоти утвореного озону;
- вид матеріалу і товщина діелектрика, в залежності від проникності якого забезпечується більша або менша потужність;
- ширина зони розряду, оптимальні значення якої повинні бути визначені в залежності від типу електродів з метою повного використання розрядного простору для озонування повітря.

**Висновки.** Оскільки реакції розпаду озону можуть протікати з вибухом, його зберігання та транспортування практично неможливі. Тому в зв'язку з різноманітністю сфер застосування озону існує потреба в конструюванні озонаторів з різним цільовим призначенням і відповідно з різною продуктивністю і концентрацією озону в вихідному газі. У зв'язку зі специфікою виробництва для озонаторних установок, що застосовуються в АПК, доцільно створення конструкцій, що генерують озон безпосередньо на місці використання.

УДК 620.92.:316.342.6.:33

## ВПЛИВ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНЕ СТАНОВИЩЕ НАСЕЛЕННЯ

Козіна Т.В., кандидат с.-г.н., асистент  
Подільський державний аграрно-технічний університет  
м. Кам'янець-Подільський, Україна

Пріоритетним напрямком розвитку енергетики в XXI ст. є широке використання відновлюваних джерел енергії, що мають величезні ресурси, які дозволяють зменшити негативний вплив енергетики на навколишнє середовище, підвищити енергетичну та екологічну безпеку.

В Україні та світі з кожним роком відбувається зростання цін на енергоресурси, що своєю чергою підкреслює актуальність питань енергетичного балансу та енергетичної незалежності. Останніми роками енергоносії безпосереднім чином впливали на соціально-економічне становище населення України, розвиток держави та її регіонів.

Одним з ключових факторів, який в подальшому може суттєво вплинути на питання енергозбалансованості та дотримання енергетичного балансу країни є стимулювання впровадження сонячної енергетики, яка є однією з перспективних та екологічно чистих напрямів розвитку та впровадження відновлюваної енергетики в Україні.

Житлово-комунальне господарство України є одним із найбільш енерговитратних серед галузей господарського комплексу. Для освітлення місць загального користування витрачається близько 350 тис. кВт/год. Це призводить до зростання навантаження на внутрішню будинкові електромережі та збільшення квартплати мешканців будинків. Крім цього забезпечення мешканців електроенергією залежить від генеруючих компаній (монополістів) і зовнішніх умов [1].

Перспективним напрямом, що здатний забезпечити споживачів електроенергією, є застосування поновлюваних джерел енергії, які широко використовуються в розвинених країнах світу. Водночас освоєння в Україні поновлюваних джерел енергії можна розглядати як один із шляхів підвищення рівня енергетичної безпеки країни та зниження антропогенного впливу на довкілля. Серед різних видів поновлюваних джерел енергії найбільшу увагу привертає сонячна енергетика, оскільки за допомогою фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) відбувається трансформація енергії оптичного випромінювання в електричну енергію [2]. Сонячна енергетика – виключно екологічна, вона не робить ніякого впливу на навколишнє середовище. Її розвиток стимулюється як чисто економічними факторами (до таких можна віднести постійно зростаючі ціни на традиційні (вугілля, нафта, торф, газ)

джерела енергії, зниження вартості обладнання для станцій, що працюють на поновлюваних (альтернативних) джерел енергетики при збільшенні їх продуктивності, що в цілому призводить до зниження собівартості виробленої електроенергії.

У 2016 році «сонячна» електрика стала найдешевшою в порівнянні з іншими альтернативними способами електрогенерації, наприклад, хвильовими або вітровими станціями), і державною підтримкою (спеціальні програми, що заохочують будівництво сонячних станцій за рахунок застосування економічно привабливого «зеленого тарифу» для викупу виробленої електроенергії). Світовий досвід підтверджує те, що зусилля науковців і спеціалістів, в основному, направлені на розробку енергоощадливих технологій із застосуванням у виробничій сфері сонячної енергії. Завдяки невичерпним можливостям світлового випромінювання Сонця та найменшого його впливу на екологію довкілля, сонячні енергетичні системи дозволяють одержати значні обсяги електричної та теплової енергії [3]. Географічне розташування України є сприятливим для реалізації проектів генерації сонячної енергії.

Швидкі темпи розвитку сонячної енергетики обумовлені необхідністю стабільного забезпечення енергетичної та екологічної безпеки країн і постійним коливанням цін на традиційні енергоресурси.

Перевагами сонячних електростанцій є: загальнодоступність і невичерпність джерела енергії; безпека для навколишнього середовища; автономність системи; низькі експлуатаційні витрати; інноваційність; наявність «зеленого тарифу». Недоліками сонячних електростанцій є: високі початкові затрати на реалізацію проекту; залежність від погодних умов, що призводить до нестабільності енергетичних характеристик; необхідність великої площі для розміщення панелей.

Сонячну енергетику вважають найбільш перспективним напрямком енергетичної галузі. В довгостроковій перспективі електроенергія, згенерована Сонцем, стане не просто рентабельною, а надприбутковою.

#### ***Список використаних джерел***

1. Дзяди́кевич Ю.В., Гевко Б.Р., Никеруй Ю.С. Споживання електроенергії в житлово-комунальній сфері. Енергосбереження, Енергетика, Енергоаудит. 2011. № 1. С. 20-23.

2. Кожем'яко В.П., Домбровський О.Г., Жердецький В.Ф., Маліновський В.І., Притуляк Г.В. Аналітичний огляд сучасних технологій фотоелектричних перетворювачів для сонячної енергетики. Оптико-електронні пристрої та компоненти в лазерних і енергетичних технологіях. 2011. № 2. С. 141-157.

3. Дзяди́кевич Ю.В., Гевко Б.Р., Никеруй Ю.С. Шляхи економії електроенергії загального користування в сфері ЖКГ. Енергосбереження, Енергетика, Енергоаудит. 2011. № 6. С. 21-24.

УДК 621.577

## ПРО ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ У РАЗВИНЕНИХ КРАЇНАХ ТА ШИРОКОМАСШТАБНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ

Стойков В., 31ЕЕЕ

Постол Ю.О., к.т.н.,

Гулевський В.Б., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

**Постановка проблеми.** Сьогодні, коли людство починає усвідомлювати, що проблема наростаючого дефіциту невідновлюваних природних енергоресурсів реально існує, а ціни на них нестримно зростають, і будуть рости надалі, впровадження енергозберігаючих технологій генерації теплоти і використання нетрадиційних і відновлюваних енергоджерел замість спалювання вуглеводневого палива стає не стільки популярним, скільки життєво необхідним для підтримки здорового і комфортного середовища існування людини [1].

Широкомасштабне використання теплових насосів є основою енергозберігаючої політики більшості країн ЄС, Америки, Азії, Австралії. Теплоту, що генерується в теплонасосній установці, раціонально використовувати, перш за все, в житлово-комунальному секторі економіки, де дороге і дефіцитне органічне паливо споживається у величезних кількостях.

В економіці України ці проблеми проявляються особливо гостро, так як для генерації теплоти комунального призначення, обсяг якої в загальному енергетичному балансі країни становить близько 55%, витрачається більше 27% споживаного палива.

Безсумнівно, практичний досвід країн світу з проектування та впровадження теплових насосів буде тут дуже корисний.

**Основні матеріали дослідження.** В теплонасосній установці, низько потенційна природна енергія або низькотемпературна енергія вторинних енергоресурсів перетвориться в енергію більш високого температурного потенціалу, придатну для практичного використання. Процеси перетворення енергії в теплонасосній установці (ТНУ) здійснюються з високою енергетичною ефективністю. Зазвичай в правильно сконструйованій ТНУ на 1 кВт·год витраченої електричної енергії споживачу може бути передано 3-4 і більше кВт·год генерується теплової енергії. ТНУ є екологічно чистими, зручними в експлуатації, універсальними по виду низько потенційного джерела і рівню виробленої потужності, повністю автоматизованими і з тривалим терміном служби.



Питаннями проектування, виготовлення і впровадження теплонасосної техніки займаються найбільші енергетичні корпорації Японії, США, Канади, Китаю, країн ЄС. Міжнародне Енергетичне Агентство (МЕА, латинська аббревіатура IEA), куди асоційованими членами входять 28 енергетично розвинених країн і, метою діяльності якого є забезпечення світової енергетичної безпеки і пошук шляхів поліпшення екології планети, поступово стає головним координатором політики впровадження теплонасосних технологій [2].

На енергетичному ринку Європи з 2008 року Франція витіснила Швецію з першого місця по впровадженню теплонасосного обладнання, хоча у останньої досить стабільні показники його застосування були протягом 5 років [3].

Починають інтенсивно рости ринки теплових насосів в Східній Європі (країнах Прибалтики, Росії, Білорусії). Вектор виробництва теплонасосного обладнання в останні роки поступово переміщається на азіатський континент. Японські компанії (Dai-kin, Mitsubishi Electric і Hitachi), південно-корейські (LG і Samsung), китайські (Midea і Gree) успішно вийшли на європейський ринок і зміцнюють тут свої позиції.

Світовий ринок продажу базується на аеротермальних теплових насосах типу «повітря-повітря» і «повітря-вода», де в якості низькопотенційного джерела енергії використовується повітря, на водяних типу «вода-вода» з використанням енергії води природних і штучних водойм і на геотермальних теплових насосах типу «вода-вода» або «розсіл-вода» з використанням енергії ґрунту та ґрунтових вод.

Однак найбільшу увагу в світі приділяється застосуванню теплонасосних технологій при генерації комунальної теплоти. Загальна світова тенденція в системах тепlopостачання житлових будинків, як основного споживача енергоресурсів, характеризується стабільним збільшенням числа працюючих тут теплових насосів. На рисунку 1 показано, збільшення частки впроваджених теплових насосів в системах опалення США в порівнянні з використанням традиційних теплогенераторів, що працюють на спалюванні органічного палива.

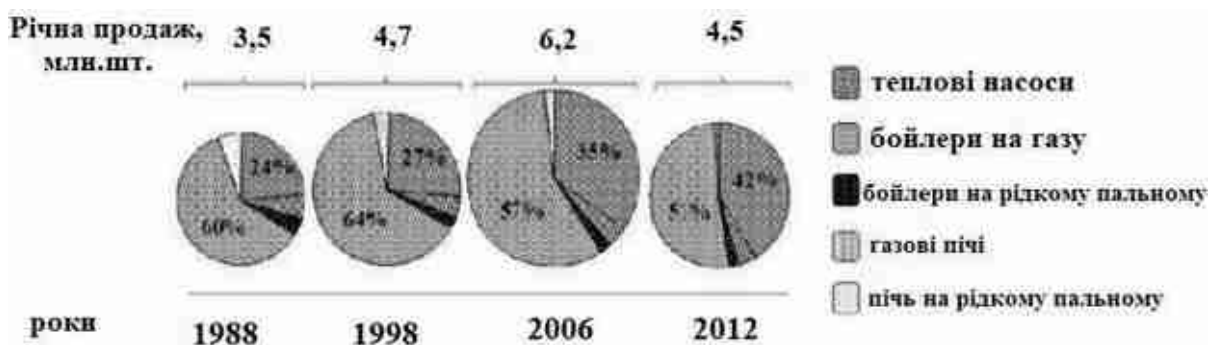


Рис. 1. Частка впроваджених теплових насосів на тлі впровадження традиційних систем в США

Повітряні теплові насоси активно витісняють ґрунтові теплові насоси, причому, найбільш стрімко - в країнах з холодним кліматом. Фактор безкомпромісного переважання на ринку Фінляндії повітряних теплових насосів є найбільш вражаючим. У Норвегії теплові насоси нового покоління Neat Pump, витягуючи тепло з морської води, забезпечують централізоване теплопостачання багатьох приморських міст.

Якщо до 2005 року в скандинавських країнах з суровим кліматом перевагу віддавали ґрунтовим тепловим насосам, то з появою низькотемпературних спліт-систем, що мають нижню межу експлуатації на обігрів до мінус 20 - мінус 25° С, відзначається буквально вибуховий стрибок попиту на теплові насоси з повітрям в якості низькопотенційного джерела енергії. У зв'язку з тим, що капіталовкладення і установка повітряних теплових насосів обходиться в кілька разів дешевше, ніж ґрунтових, а експлуатаційна вигода від їх правильного використання на ринку побутового сектора не гірше,.

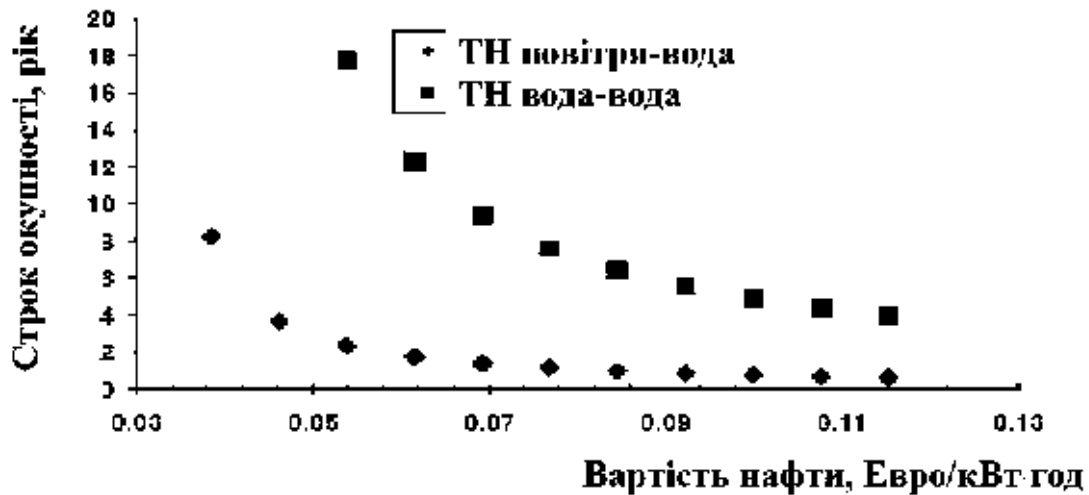
Основним показником доцільності застосування теплових насосів є їх конкурентоспроможність з традиційними теплогенераторами, що залежить від функціонального призначення і великого числа факторів термодинамічної, конструктивного, економічного характеру, і фактора екологічного впливу на навколишнє середовище.

Боротьба за ринок призводить до безперервного вдосконалення експлуатаційних характеристик теплових насосів, підвищення їх надійності та довговічності. Удосконалення теплових насосів в останні роки характеризувалося поліпшенням ефективності перетворення енергії і підвищенням температури генерується теплоносія, збільшенням одиначної потужності агрегатів і зниженням первинних капіталовкладень в ТНУ.

На сьогоднішній день собівартість теплового насоса залишається все ж вище, собівартості традиційної опалювальної системи, що працює на викопному паливі. Тому головним чином за рахунок енергетичної ефективності тепловий насос забезпечується вигреш по терміну самоокупності, основний вплив на який надає ціна на заміщати паливо (рис. 2). У матеріалах конференцій МЕА [4,5,6] і на сторінках журналу Heat Pump Centre наводяться приклади впроваджених ТНУ з терміном окупності від 9 місяців до 2 років.

Експерти вважають, що технології теплових насосів ще знаходяться в стадії безперервного досконалості і можна очікувати 2-3 кратного підвищення їх ефективності в період до 2030 року.

Метою співробітництва країн-членів МЕА є сприяння розвитку і освоєння ключових технологій, які дозволять досягти 50% скорочення викидів вуглекислого газу в енергетиці до 2050 р Провідна роль в цьому відводиться застосуванню теплових насосів [7].



**Рис. 2. Термін окупності теплових насосів для сімейного будинку**

В Україні немає власного виробництва теплонасосного обладнання, відповідального за технічної досконалості світовим стандартам, відсутні законодавчі або економічні стимули впровадження ТНУ, що не передбачається державне фінансування для реалізації пілотних проєктів, які могли б бути хорошою рекламою і стимулом широкомасштабного застосування теплонасосної техніки.

Швидкий і постійне зростання цін на природний газ протягом багатьох років зробив економічно неспроможними системи централізованого тепlopостачання України. Основні зміни за 10-15 наступних років, безумовно, відбудуться в секторі житлових і бюджетних будівель.

В секторі ЖКГ революційні перетворення будуть пов'язані з багаторазовим зниженням потреби будівель в тепловій енергії і з переходом від роздільних унітарних інженерних систем до комплексних інженерних систем акліматизації. Одним із шляхів в реалізації цієї мети в Україні є термомодернізація житлових будинків і, що впливає звідси, раціональність використання теплових насосів. Оцінено, що в період до 2030 року необхідно буде виконати утеплення приблизно 250000-300000 багатоповерхових вітчизняних будівель [8,9].

Модель синхронної термомодернізації будівель та інноваційних систем тепlopостачання є для України найкращою і заслуговує серйозної уваги. При це широкомасштабне впровадження теплових насосів найбільш простий, надійний і головне перевірений шлях, що веде до повної відмови від використання природного газу в житлово-секторі і до істотного зниження тарифів на тепlopостачання.

**Висновки.** Серед можливих шляхів вирішення проблеми широкомасштабного впровадження теплонасосних технологій, здатних істотно знизити залежність України від імпорту газу, проглядається шлях науково-критичного вивчення вітчизняними фахівцями зарубіжних до-

сягнень в галузі енергозбереження, застосування теплонасосних технологій в комунальному секторі та, при серйозному об'єктивному обґрунтуванні, їх використання в вітчизняні розробки.

На шляху до широкомасштабного впровадження досить чітко проглядаються такі перешкоди:

- недовлік цільових фінансових коштів і інвестицій (державні програми

- по енергоефективності та по впровадження теплових насосів практично не фінансуються);

- неефективне стимулювання учасників енергоринку за розробку і впровадження енергозберігаючих проектів і технологій;

- недостатня зацікавленість керівників підприємств в економії енергії та неефективно державна (законодавча) підтримка енергозбереження;

- недостатня інформованість потенційних споживачів про досягнення в галузі енергозбереження;

- відсутність пільгового тарифу на електроенергію для користувачів ТН;

- відсутність в достатньому обсязі нормативної бази;

- низька кваліфікація проєктантів і монтажників ТН обладнання;

- непрогнозованість цін на електроенергію і паливо;

- застаріла методика розрахунку тарифів на теплову та електричну енергію;

- невиконання митними та податковими службами державних вказівок по пільг на ввезення закордонного енергозберігаючого обладнання;

- існування податку на прибуток при впровадженні енергозберігаючих технологій.

Говорити про доцільність впровадження теплових насосів можна в разі, якщо на державному рівні будуть розроблені системні економічні заходи і прораховані ризики для виробника теплової енергії, які розподіляють систем і кінцевого споживача.

Оцінюючи ситуацію, що склалася, можна констатувати, що впровадження теплонасосного обладнання в Україні, безсумнівно, відбудеться, проте в найближчі 8-10 років воно буде проходити в основному за рахунок застосування імпоротної техніки. Практично вже сьогодні на українському ринку присутнє теплонасосне обладнання більшості світових фірм і важливо грамотно зорієнтувати вітчизняного споживача в цьому різноманітті і в правильності його використання.

#### ***Список літератури.***

1. Мацевитый Ю. М., Чиркин Н. Б. Использование тепловых насосов в мире и их внедрение в Украине. Энергосбережение, Энергетика, Энергоаудит. №2, 2014, С.2-17

2. Постол Ю. О., Закревський Д. Реалізація політики з енергозбереження. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: матеріали VI Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції за підсумками наукових досліджень 2018 року. Мелітополь, ТДАТУ, 2019. Вип. VI. С.17-20.

3. Трикоз В. О., Постол Ю. О. Енергоефективність та енергозбереження. Матеріали I Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 63-65.

4. Бурцева С. О., Постол Ю. О. Система енергоменеджменту – шлях до створення «зеленої» економіки. Матеріали I Міжнародної наук.-практ. Інтернет-конференції “Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі” Мелітополь, 2020. С. 290-293

5. Reports at the 10th IEA Heat Pump Conference, Tokyo, 2011

6. Бурцева С. О., Постол Ю. О. Ефективність теплових насосів. Матеріали I Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь, ТДАТУ, 2020. С. 33-34.

7. Власенков О. А. Досвід країн Євросоюзу з підвищення енергоефективності. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: матеріали VI Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції за підсумками наукових досліджень 2018 року. Мелітополь, ТДАТУ, 2019. Вип. VI. С.6-8.

8. Мацевитый Ю. М., Чиркин Н. Б., Остапчук В. Н., Богданович Л. С., Клепанда А. С. «Альтернативная система теплоснабжения на базе теплового насоса с грунтовым теплообменником»// Энергосбережение, энергетика, энергоаудит, № 8, 2007 г.

9. Мацевитый Ю. М., Чиркин Н. Б., Богданович Л. С., Клепанда А. С. О рациональном использовании теплонасосных технологий в экономике Украины. // Энергосбережение • Энергетика • Энергоаудит, 2007, № 3.



УДК 636.3:672.718

## ЗАСТОСУВАННЯ ПІДВИЩЕНОЇ ЧАСТОТИ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ОБЛАДНАННІ

Палійчук В.К.<sup>1</sup>, к.т.н.,Барановський Д.М.<sup>1</sup>, магістрант,<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

**Постановка проблеми.** Застосування електродвигунів підвищеної частоти для приводу сільськогосподарських механізмів призвело до збільшення продуктивності цих механізмів, підвищення надійності їх роботи, зменшення металоємності і їх вартості. В окремих випадках тільки завдяки застосуванню електроприводів підвищеної частоти вдалося створити нові високопродуктивні механізми і замінити важку ручну працю (ягіднозбиральний агрегат, електролозорізний агрегат і ін.).

**Основні матеріали дослідження.** Найбільш ефективним є застосування електроприводу підвищеної частоти на сучасному етапі для сільськогосподарських механізмів з високошвидкісними робочими органами зокрема, молочних сепараторів (вершковідокремлювач і молокоочисник), аерозольних генераторів та заглибних електронасосів.

У ряді робіт показана перспективність застосування електроприводу підвищеної частоти в рослинництві і тваринництві. Так застосування цих електроприводів для кормоприготувальних машин – молоткових кормодробарок і соломосилосорізок підвищує окружну швидкість молотків кормодробарок, за рахунок чого збільшується економічність дроблення і продуктивність машини, так як продуктивність молоткових дробарок прямо пропорційна квадрату частоти обертання ротора.

Застосування електродвигуна підвищеної частоти з зовнішнім ротором перспективно для створення удосконалених соломосилосорізок, у яких зусилля різання значно знижується з ростом швидкості різання. Крім того, підвищення частоти обертання роторів цих машин сприяє рівномірності обертання ножових барабанів, в зв'язку з чим відпадає необхідність у застосуванні маховиків. Застосування зазначеного електродвигуна сприяє виконанню компактної машини з високими техніко-економічними показниками.

В рослинництві перспективно застосування електроприводу підвищеної частоти струму для електровіткорізки (збільшення продуктивності в 4 рази); пили дискової для обрізки гілок (в 1,5 рази); ручного ротаційного культиватора для овочівництва (в 1,6-1,8 рази); прополювача для підрізування бур'янів і руйнування ґрунтової кірки.

Дуже ефективний частотно-керований електропривод для механізму подачі лісопилних рам, що широко застосовуються на підсобних

підприємствах в сільськогосподарському виробництві. Застосування цього електроприводу дозволяє істотно збільшити надійність робіт, зменшити експлуатаційні витрати, забезпечити вибухо-та пожегобезпечність експлуатації електрообладнання в лісопильних цехах.

**Висновки.** Дуже важливим є техніко-економічний ефект при застосуванні електроприводів підвищеної частоти для ручного електроінструменту. У порівнянні з машинкою для стрижки овець типу МСО-77Б на 50 Гц, машинки на 200 Гц мають масу приблизно в 4-5 разів меншу. ККД машинок на 200 Гц на 6,5% більше, ніж ККД машинки на 50 Гц, тому застосування електроприводу підвищеної частоти для ручних стригальних машинок є перспективним напрямком.

УДК 621.31

## ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Палійчук В.К.<sup>1</sup>, к.т.н.,

Деревянченко П.П.<sup>1</sup>, магістрант,

<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

**Постановка проблеми.** Електропривод машин є системою, що складається з декількох елементів (електродвигун, пристрої комутації, пристрої захисту та т.д.), кожен з яких виконує свої функції з певною надійністю. Надійність – властивість системи зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання і транспортування. Надійність електроприводу обумовлена поєднанням властивостей його безвідмовності, ремонтпридатності, довговічності і зберігання. Електропривод в процесі експлуатації може перебувати в різних станах. Ці стани характеризуються певними параметрами і якісними ознаками, які встановлюються нормативно-технічною документацією.

### **Основні матеріали дослідження.**

Працездатний стан характеризується здатністю об'єкта виконувати задані функції відповідно до вимог нормативно-технічної та (або) конструкторської документації. Якщо об'єкт знаходиться в стані, при якому значення хоча б одного функціонального параметра не відповідає вимогам документації, то цей стан є непрацездатним. Ознаками непрацездатного стану можуть бути відхилення показників якості, наприклад, зниження подачі повітря вентилятора, зміна швидкості транспортера.

Подія, що полягає в порушенні працездатного стану, називається відмовою. Відмови класифікуються за кількома ознаками. За характером виявлення відмови можуть бути явними і прихованими. Приховані відмови можуть бути виявлені тільки при спеціальній перевірці, що проводиться при технічному обслуговуванні із спеціальними технічними засобами. До них можна віднести: зниження опору ізоляції електродвигуна, підвищений знос його підшипників, зміна порогів спрацьовування пристроїв захисту від аварійних режимів роботи і т.д. Прихована відмова, при певному збігу обставин, може перейти в явну, тому виявлення його на ранній стадії (в стані прихованої відмови) є актуальним завданням.

Дослідження надійності необхідно починати з встановлення поняття відмови для конкретної системи. Це обумовлено тим, що для деяких об'єктів відмовою буде вважатися не тільки повна втрата працездатності, але і таке відхилення параметрів функціонування, при якому його подальша експлуатація неможлива з міркувань безпеки або недоцільна за економічними ознаками. Електропривод сільськогосподарського виробництва є відповідальною складовою частиною системи отримання продукції і час його включення жорстко регламентовано за часом доби. У зв'язку з цим, під відмовою електроприводу в сільському господарстві слід розуміти наступне:

- відмова або пошкодження будь-якого елемента, що призводять до миттєвого мимовільного відключення електрифікованої установки;
- погіршення параметрів окремих елементів понад допустимі значення, при яких може відбутися самовимкнення в будь-який момент часу (зниження опору ізоляції, підвищення температури електродвигуна понад допустиме значення, підвищений знос підшипників, технологічне перевантаження, зміна порогів спрацьовування пристроїв захисту від аварійних режимів роботи, відмова окремих пристроїв комутації) або робоча машина буде виробляти продукцію зниженої якості;
- відмова пристроїв аварійної сигналізації.

Так як відновлення електроприводу може проводитися шляхом заміни його елементів, то він відноситься до об'єктів, відновлюваних в процесі застосування, для яких допустимі короткочасні перерви в роботі. До не відновлювальних об'єктів належать такі елементи електроприводу: кнопка управління, резистор, конденсатор, лампа розжарювання, мікросхема тощо. До відновлюваних поза процесом застосування відносяться: електродвигун, магнітний пускач, пристрій захисту. Залежно від цього, використовуються відповідні показники надійності. Ці показники можуть бути одиничними, що характеризують одну з властивостей складових надійності об'єкта і комплексними, що характеризують кілька властивостей. Поодинокі показники застосовуються для характеристики елементів електроприводу, комплексні – для всього електроприводу.

У процесі досліджень оперують поняттями експлуатаційної та номінальної надійності. Номінальна надійність характеризує здатність пристроїв функціонувати в номінальних режимах, обумовлених в технічних умовах нормативно-технічної документації. У цьому випадку розрахункові показники надійності визначаються на стадії проектування елементів електроприводу. Експлуатаційна надійність характеризує здатність елементів функціонувати в конкретних умовах експлуатації, які визначаються реальними режимами роботи, впливом навколишнього середовища, системою обслуговування і ремонту, кваліфікацією обслуговуючого персоналу. Визначення показників експлуатаційної надійності проводиться на основі статистичних даних.

Надійність не відновлювальних елементів електроприводу оцінюється випадковою величиною – напрацюванням до першої відмови. До основних показників надійності, що описують розподіл напработку до відмови не відновлювальних елементів відносяться: функція надійності  $P(t)$ ; щільність розподілу напрацювання до відмови  $f(t)$ ; інтенсивність відмов  $X(t)$ . Електропривод складається з декількох елементів, відмови яких є незалежними. Відмови окремих елементів системи мають свої закони розподілу, їх потоки прості, а після періоду припрацювання стають простими і стаціонарними. Потік відмов всієї системи дорівнює сумі декількох незалежних ординарних, стаціонарних потоків відмов елементів і буде наближатися до найпростішого. Отже, при відповідних припущеннях, для сталого режиму експлуатації системи, можна прийняти, що закон розподілу відмов буде експонентним. Дане припущення підтверджується дослідженнями сумарного закону розподілу часу безвідмовної роботи трьохелементної системи, що складається з електродвигуна, магнітного пускача, кнопки управління. При збільшенні кількості елементів системи, сумарний закон розподілу ще більше наближатиметься до найпростішого. Електропривод сільськогосподарського виробництва, як правило містить кількість елементів, що значно перевищує мінімальний набір.

**Висновки.** В процесі експлуатації електропривод, крім режиму функціонування, може перебувати в режимі відновлення. Обидві ці події багаторазові і є випадковими.

Для такої системи має велике значення властивість готовності під яким розуміється здатність перебувати значну частку часу в працездатному і готовому до застосування стані. Зазначена властивість характеризується функцією готовності  $T(t)$ .

УДК 628.16:537

## ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ МЕТОДУ ЕЛЕКТРОФЛОТАЦІЇ І МОЖЛИВІСТЬ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Гулевський В.Б., к.т.н.,

Постол Ю.О., к.т.н.,

Стручаєв М. І., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

**Постановка проблеми.** Система водовідведення промислових підприємств ПП призначена для забезпечення відводу води, що в силу придбаних технологічних і виробничих забруднень перетворилася в стічну воду, яку необхідно очищати перед повторним використанням або скиданням за межі ПП. Після використання у виробничих цілях вода забруднюється або нагрівається, змінює свої первинні властивості, що робить її непридатною для подальшого використання, тобто вона перетворюється у виробничі стічні води (промислові стоки) [1].

У складі інженерних комунікацій кожного промислового підприємства є комплекс водовідвідних мереж і споруд, за допомогою яких здійснюється відведення з території підприємства стічних відпрацьованих вод (якщо подальше використання їх неможливо за технічними умовами, або недоцільно за техніко-економічними показниками), а також споруд і устаткування для очистки стічних вод та видалення з них цінних речовин і домішок.

Вибір методу очищення стічних вод залежить перш за все від характеру домішок [2]. Процес очищення стічних вод виробничого підприємства, як правило, включає кілька стадій, на кожній з яких можливе застосування різні методів очищення стічних вод і відповідного технологічного встаткування.

Для очищення стічних вод промислових підприємств застосовують [2-7]:

- механічні методи (проціджування, відстоювання стічних вод у відстійниках з використанням або без використання хімічних реагентів залежно від складу стоків; фільтрування),
- хімічні (нейтралізація, коагуляція, флокуляція),
- фізико-хімічні (флотація, сорбція, екстракція, евапорація, а також електрохімічні методи, пов'язані з накладенням електричного поля - електрокоагуляція, електрофлотація),
- комбіновані.

Електрохімічні процеси широко застосовуються в даний час в різних областях сучасної техніки [6,7]. Розробці методів електрообробки



забруднених водних систем, в якій вже зараз досягнуті значні успіхи, що дозволяють передбачити ширшу реалізацію електрохімічної технології для вирішення проблем очищення стічних вод.

Електрохімічні методи відповідно до загальноприйнятої класифікації відносяться до фізико-хімічних методів очищення водних систем [6,7]. Вони відрізняються різноманітними можливостями та відносною складністю фізико-хімічних явищ, що відбуваються в апаратах водоочищення. Механізм і швидкості протікання окремих стадій залежать від багатьох факторів, виявлення впливу і правильний облік яких необхідні для оптимального конструювання апаратів електрообробки і раціонального ведення технологічних процесів очищення води [1,4].

**Основні матеріали дослідження.** Електрохімічне очищення забруднених природних і стічних вод засноване на використанні електричної енергії при проведенні процесів електролізу водних розчинів електролітів.

Електроліз здійснюється в системах, що складаються з наступних елементів:

- розчину електроліту - провідника другого роду, в якому речовини дисоційовані ( забруднені води є розчинами електролітів, так як в них завжди присутні іони в тій чи іншій концентрації);
- електродів - провідників першого роду, занурених у розчин електроліту;
- зовнішнього джерела струму;
- металевих провідників першого роду, що з'єднують електроди з джерелом струму.

Електрофлотація - один з процесів розподілу речовин, що найінтенсивніше розвиваються, у водоочищенні. Перспективність електрофлотації пов'язана зі створенням при електролізі води високодисперсних бульбашок газу, що дозволяє витягати частки зважених речовин (дисперсної фази) без використання реагентів – збирачів. Істотною перевагою електрофлотації є можливість необмеженого насичення рідини, що очищається, бульбашками, а також простота здійснення процесу газонасичення, що допускає часті перерви в цьому процесі, що виникають при періодичній подачі стічної води. Інтенсивність процесів залежить від хімічного складу рідини; матеріалу електродів; напруги і щільності струму на електродах.

Суть способу електрофлотації очищення стічних вод полягає в перенесенні забруднюючих часток з рідини на її поверхню за допомогою бульбашок газу, що утворюється при електролізі стічних вод. Електрофлотацію здійснюють, пропускаючи через воду постійний електричний струм. В процесі електролізу води на катоді виділяється водень, а на аноді - кисень. При проходженні через осередок 3600 кулон електрики розкладається 0,3293 г води, виділяється 0,0366 г (0,41 дм<sup>3</sup>) водню і 0,2927 г (0,205 дм<sup>3</sup>) кисню.

Основну роль в процесі флотації часток виконують бульбашки, що виділяються на катоді. Щільність струму на катоді складає зазвичай  $100-300 \text{ A/m}^2$ . Бульбашки газу виникають на поверхні електроду, ростуть і після досягнення певного діаметру відриваються від поверхні. Виникнення бульбашок на електродах, як і при кипінні рідин, відбувається в деяких точках - центрах газоутворення (виступах, шорсткостях і тому подібне).

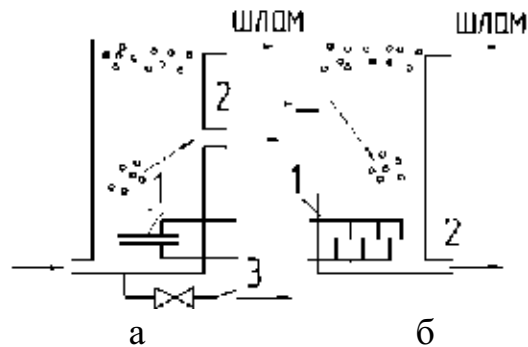
Розмір бульбашок, що відриваються від поверхні електроду, залежить не лише від величини крайового кута змочування, але і від кривизни поверхні електроду. Заміна пластинчатих катодів на сітку з дроту призводить до зменшення розмірів бульбашок і, отже, до підвищення ефективності очищення стічної води.

Із збільшенням товщини дроту розміри бульбашок зростають. Крупність бульбашок водню, що виділяються на дротяному катоді з міді і нержавіючої сталі (діаметром  $0,2-1,5 \text{ мм}$ ), із збільшенням товщини дроту катода зростає від  $17-62$  до  $120-140 \text{ мкм}$  і більш. Для отримання необхідного числа бульбашок певного розміру потрібний правильний підбір матеріалу і діаметру дроту катода, а також щільність струму. Змінюючи щільність струму, можна варіювати міру насичення пульпи бульбашками і таким чином регулювати швидкість очищення флотації вод. Із збільшенням міри насичення пульпи бульбашками швидкість електрофлотації підвищується до оптимального значення щільності струму ( $200-260 \text{ A/m}^2$ ) і газозмісту  $0,1\%$ . Подальше збільшення газозмісту не призводить до прискорення процесу флотації із-за створення в пульпі потоків, що призводять до відриву бульбашок від зважених часток. Оптимальна щільність струму при очищенні води від жиру складає  $100-150 \text{ A/m}^2$ , що відповідає мірі насичення води бульбашками водню, рівною  $0,05\%$ . Безпосередньо очищення стічних вод електрофлотацією здійснюється в електрофлотаторі - апараті для розподілу фаз. Конструктивна схема електрофлотаторів може розрізнятися, але найосновніше конструктивне рішення припускає наявність обов'язкових вузлів: місткості постійного рівня, одного або декількох електродних блоків, камер для очищеної води і флотошлама, пристрою для збору піни, джерела постійного струму [1,4,5].

Типова схема такого очищення приведена на рис. 1. За схемою, *a* вода надходить у нижню частину флотаційної камери, проходить між електродами і відводиться з середини камери. У схемі *б* неочищена рідина рухається зверху вниз назустріч спливаючих бульбашок газу, відводиться вода з нижньої частини камери. Через електроди пропускається постійний струм низької напруги.

В результаті електролізу води утворюються маленькі однорідні бульбашки газу (водню і кисню), які піднімаються вгору, захоплюючи зважені частинки, і утворюють зважений шар по всій площі резервуара. Тривалість перебування води в електрофлотаторі, щільність струму і

кількість зважених речовин є взаємопов'язаними величинами. Експериментальним шляхом показано, що при різниці потенціалів  $\sim 10$  В, щільності струму  $100 \text{ А/м}^2$  і тривалості флоатації 20 хв можна очищати стічну воду з вихідної концентрацією зважених речовин до  $10000 \text{ мг/л}$ .



а - з прямим потоком, б - з протитечією,  
1 - електродні системи, 2 - відведення очищеної води,  
3 - відведення осаду

### Рис. 1. Однокамерна електрофлоатаційна установка

Перевагою процесу перед різного роду відстійниками є те, що забрудники збираються згори рідини, а не внизу. Ця особливість електрофлоатації забезпечує здатність виділення зважених речовин, з'єднань важких металів, масел, нафтопродуктів у флотошлам, що має меншу вологість, що полегшує наступну операцію по стисканню і зневодненню осаду. Крім того, спосіб електрофлоатації досить універсальний, високоефективний і екологічно безпечний, відрізняється простотою виготовлення апаратів і нескладністю їх обслуговування. До додаткових переваг процесу електрофлоатації можна віднести: високу продуктивність на  $1 \text{ м}^2$  устаткування, відсутність вторинного забруднення води, відсутність витрати реактивів і інших замінюваних матеріалів (фільтрів, сорбентів і т. д.), простоту експлуатації і автоматичний режим роботи, що не вимагає щорічного ремонту і зупинок.

Найбільш суттєвий недолік способу полягає в тому, що у міру проходження електричного струму через рідину утворюються відкладення солей на електродах. Нерівномірне виділення газу з поверхні електродів призводить до зосередження газових бульбашок в певних зонах камери флоатації. Внаслідок цього в ній виникає циркуляційний рух рідини, який погіршує процес освітлення суспензії або емульсії. При експлуатації установок електрофлоатації слід враховувати істотну кількість водню і кисню, що виділяються при протіканні процесу, і приймати відповідні заходи безпеки.

**Висновки.** Результатом проведеної роботи став висновок того, що реконструкція очисних споруд проводиться на підставі відповідності застосовуваних технологічних рішень і цільових показників роботи технології очищення стічних вод сучасним вимогам, а також зіставленням з кращими аналогами.

Електрохімічне очищення води за рахунок електролізу і електрофлотації застосовуються в водопідготовки стічних вод промислово-побутових підприємств, де традиційні методи не забезпечують необхідний ступінь очищення води від домішок у вигляді нерозчинних у воді дисперсних речовин, жирів і масел.

При незначному часу перебування стічних вод у електрофлотаційних установках (20-40 хвилин) забезпечується високий ефект очищення від нерозчинних домішок і зважених речовин. Це зумовило перспективність методу і можливість його використання для очищення стічних вод як промислових, так і побутових.

#### **Список літератури.**

1. Природоохоронні технології. Ч.2 : Методи очищення стічних вод / Петрук В. Г., Северин Л. І., Васильківський І. В., Безвозюк І. І.: навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2014. 254 с.
2. Гулевский В. Б., Постол Ю. А., Стручаев Н. И., Беспалько В. В. Обоснование эффективности очистки сточных вод от механических примесей под действием магнитного поля. // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: мат. Междунар. науч.-техн. конференции (19-20 декабря 2019 г.) Минск: БГАТУ, 2019. С. 138 –140.
3. Просвірнін В. І., Масюткін Є. П., Гулевський В. Б. Красавчиков М.В. До розрахунку електромагнітних фільтрів для очищення технічних рідин // Труды Таврической государственной агротехнической академии: науч. спец. издание. ТГАТА. Мелитополь: ТГАТА, 2006. Вып. 38. С. 25-32.
4. Очистка производственных сточных вод [Текст]: учеб. пособие/ Яковлев С. В. и др. ; под ред. С. В. Яковлев. Изд 2-е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1985. 335 с.
5. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / Когановский А. М. и др. М. : Химия, 1983. 287 с. : ил., табл.
6. Гулевський В.Б . Проблеми очищення стічних вод.// Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції пам'яті В.В. Овчарова “Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем” (20 травня – 04 червня 2020 року). Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С.82-83.
7. Гулевский В.Б., Постол Ю.А, Журавель Д.П., Стручаев Н.И., Ковальов О.В. Електрохімічні технології очищення стічних вод.// Сучасний рух науки: тези доп. ІХ міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 2-3 грудня 2019 р. Дніпро, 2019. Т.1. С.424 - 430.

УДК 621.313

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Палійчук В.К.<sup>1</sup>, к.т.н.,

Кондратюк О.Л.<sup>1</sup>, магістрант,

<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

**Постановка проблеми.** Головною проблемою при моделюванні електричних машин залишається відтворення магнітного поля, точне значення якого дозволяє в подальшому перейти до розрахунку всіх електричних величин, параметрів, втрат, нагрівов і т.д.

**Основні матеріали дослідження.** Стан поля описується рівняннями Пуассона і Лапласа, методи рішення яких поділяються на аналітичні, чисельні та змішані. Змішані методи являють собою поєднання численних і аналітичних методів. В аналітичних методах рішенням є алгебраїчні функції, в які підставляють значення параметрів, які визначають поле.

При розрахунку поля електричних машин аналітичними методами встає проблема спрощення розрахункової області і граничних умов.

Найбільш поширеними припущеннями при цьому є наступні:

1. довжина машини нескінченно велика в порівнянні з повітряним зазором;
2. магнітне поле плоскопаралельне;
3. процеси, пов'язані з утворенням магнітного поля в зазорі, не розглядаються, а задаються відносними значеннями потенціалів поверхонь, що обмежують дану область магнітного поля;
4. статор і ротор нерухомі один відносно іншого;
5. нехтують кривизною зазору.

Подібні припущення неприйнятні для розрахунків сучасних електричних машин або машин з нетиповою конструкцією.

Що стосується завданням розрахунку полів в електричних машинах аналітичними методами найбільш корисним є використання методу поділу змінних в циліндричних і декартових координатах. Даний метод знайшов широке застосування в електромеханіці. Наприклад, він був використаний для розрахунку магнітного поля в повітряному зазорі синхронної явнополюсової машини.

Тут враховані одночасно зубчатість статора і явнополюсність ротора. Метод використовує кусково-безперервні функції і дозволяє в ряді випадків реалізувати його без застосування обчислювальної техніки.



Зазначені недоліки аналітичних методів поряд з розвитком обчислювальної техніки зумовили широке поширення чисельних методів розрахунку магнітного поля. Найбільшого поширення з чисельних методів розрахунку і аналізу полів отримали метод кінцевих елементів і метод кінцевих різниць.

Головний недолік чисельних методів полягає в тому, що рішення повинно повторюватися для кожного набору параметрів, що задаються в завданні, що робить використання цих методів дуже трудомісткими.

Одним з найбільш поширених чисельних методів є метод кінцевих елементів, що дозволяє розраховувати магнітні поля, які описуються рівняннями Лапласа і Пуассона.

Найбільш важливими перевагами методу скінченних елементів для розрахунків магнітних полів з використанням ЕОМ є наступні:

1 Властивості матеріалів суміжних елементів не повинні бути обов'язково однаковими. Це дозволяє застосовувати метод до тіл, складених з декількох матеріалів. Наприклад, для зубцевої зони машини з урахуванням витіснених потоків в паз і т.п.

2 Криволінійна область може бути апроксимована за допомогою прямолінійних елементів або описана точно за допомогою криволінійних елементів. Таким чином, метод кінцевих елементів дозволяє розраховувати поля в областях зі складними межами: зубцях з виїмками під клин, пазах будь-якої форми, елемента з вентиляційними каналами і технологічними отворами і т.д.

3 Розміри елементів можуть бути не вирішальними. Це дозволяє укрупнити або подрібнити мережу розбиття області на елементи, якщо є в цьому необхідність.

4 За допомогою методу скінченних елементів не складає труднощів розгляд граничних умов поверхневого навантаження, а також змішаних граничних умов.

Поряд з цим складна границя зубцевої зони, великі розміри розрахункової області та наявність середовищ з різними магнітними проникливостями вимагають великої кількості вузлів при використанні даного методу. Кількість вузлів, на яке розбивається область поля електричної машини, сягає не-скількох тисяч. Система рівнянь такого порядку може бути вирішена тільки з використанням обчислювальної техніки.

З наведеного огляду основних методів розв'язання рівнянь поля видно, що аналітичним і чисельним методам розрахунку притаманні свої переваги і недоліки, тому був розроблений універсальний метод розрахунку полів і процесів в електричних машинах. Універсальний метод розрахунку дозволяє комплексно враховувати вплив на магнітне поле машини таких факторів, як двостороння зубчатість сердечників, насичення сталевих ділянок магнітопровода, зміна конфігурації

зазору при обертанні ротора, структура машини вздовж осі, реальна форма струмів і ін.

Магнітний ланцюг електричної машини включає в себе повітряний зазор, зубцеві зони сердечників і спинки їх ярем. Такий магнітний ланцюг згідно універсального методу замінюють еквівалентною схемою заміщення. Така схема заміщення дозволяє уявити феромагнітні і неферомагнітні середовища в електричній машині кінцевим числом дискретних елементів.

Подібно електричній схемі вона складається з гілок, певним чином з'єднаних у вузол. Гілки містять лінійні і нелінійні провідності і джерела розташовані поблизу МДС. У схемі заміщення магнітного ланцюга, для її розрахунку справедливі закони Кірхгофа і Ома. Рівняння, засновані на цих законах, пов'язують між собою потенціали вузлів схеми, напруги, магнітні потоки, що діють між ними і магніторухливі сили.

Складання розрахункової схеми заміщення засноване на розбитті безперервного простору магнітного ланцюга електричної машини на окремі ділянки. Для кожної ділянки вводиться інтегральна крива намагнічування, яка визначає залежність між потоком  $\Phi$  і зміною скалярного магнітного потенціалу на елементі. Характеристика намагнічування повністю визначає параметри магнітної ділянки і не залежить від режиму роботи машини.

При розбитті на ділянки статора і ротора робиться припущення, що радіальна складова магнітного потоку в ярмах відсутня. Для зубцевої зони робиться припущення про те, що в зубці є лише радіальна складова потоку. Зубець розбивається на ділянки по висоті. При цьому потік розсіювання вважається таким, що входить в ділянку зосереджено.

**Висновки.** Таким чином, згідно універсального методу повний розподіл магнітного поля в зазорі машини замінюється кінцевим числом лінійних магнітних провідностей, що з'єднують коронки зубців статора і ротора.

УДК 631.171

## ПУТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПАРОВОДОГРЕЙНОЙ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

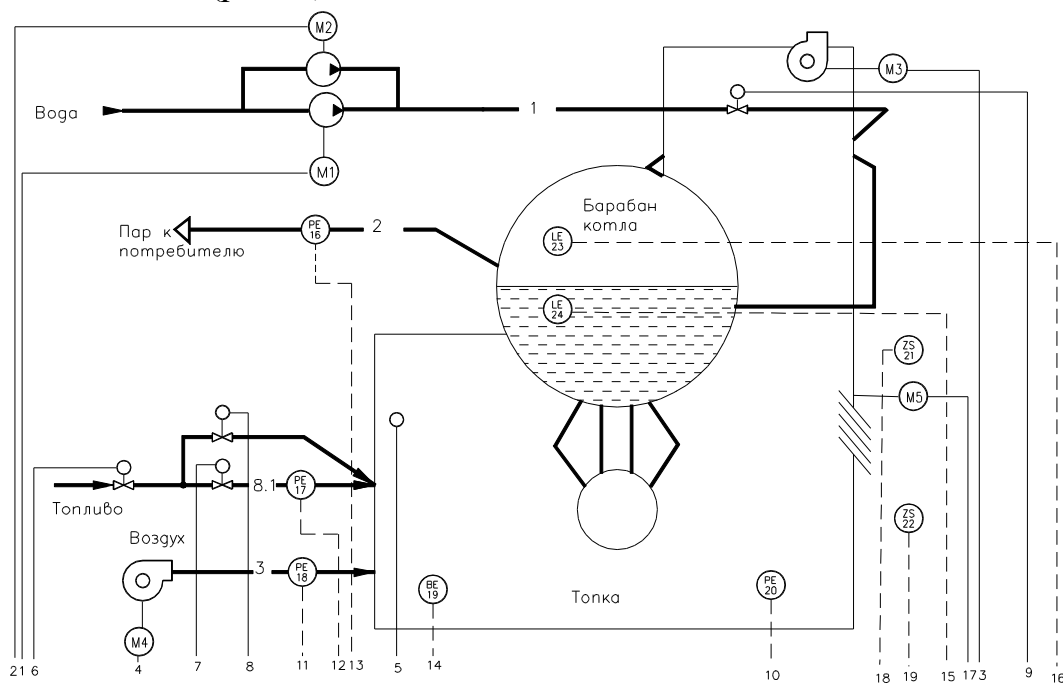
Якубовская Е.С., ст. преп.,

Полищук Е.И., студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь*

Проблема энергосбережения сегодня актуальна не только в масштабах агропромышленного комплекса, но и в целом для республики. Поэтому актуален поиск путей энергосбережения при производстве тепловой энергии, используемой в хозяйствах агропромышленного комплекса. При эксплуатации пароводогрейных котельных установок в качестве путей энергосбережения в первую очередь видят сособы увеличения кпд установок [1, с. 3], перевод установки на местные виды топлива либо использование нескольких видов топлива [2, с. 336]. При этом достичь высокого кпд установки можно только при использовании эффективной системы автоматизации котельной установки.

Для пароводогрейной котельной установки система автоматизации должна обеспечить: безопасность запуска и эксплуатации котла, регулирование основных процессов (нагрузки, питания, соотношения топливо-воздух, разряжения в топке), дистанционное управление, контроль технологических параметров и сигнализацию (рис. 1).

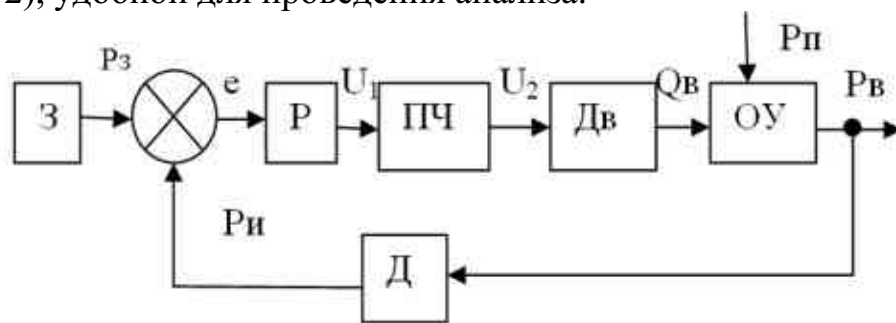


**Рис. 1. Схема автоматизации котельной установки**

Для повышения эффективности функционирования котельных можно предложить применение для управления ими современных систем управления на базе контроллера с включением в контуры регулирования преобразователей частоты. Важнейшими элементами таких систем являются подсистемы оптимального управления тягодутьевыми трактами пароводогрейных котлов, позволяющие существенно (на 30-40%) снизить потребление электрической энергии асинхронными двигателями вентиляторов и дымососов, а так же обеспечить рациональный расход топлива при полном его сжигании.

В данной установке в контуре соотношения топливо-воздух следует предусмотреть частотно-регулируемый привод воздуходувки (привод М4), который позволит по сигналу датчика давления топлива PE18, фиксирующего изменение подачи топлива, устанавливать частоту вращения привода воздуходувки, и, следовательно, оптимальное соотношение топливо-воздух в процессе работы котельной установки. Если регулирующий контур строить на базе контроллера, то программно следует установить оптимальные параметрические коэффициенты контура регулирования. Чтобы найти значения параметров контура регулирования, следует провести моделирование работы системы автоматического регулирования. Для этого необходимо знать математическое описание звеньев такой системы.

Представим контур регулирования в виде функциональной схемы (рис. 2), удобной для проведения анализа.

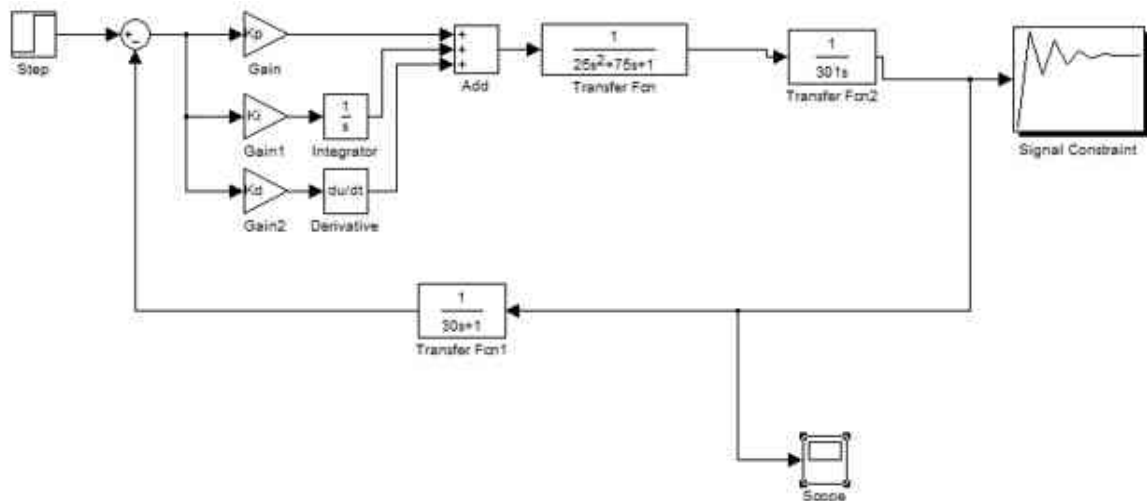


**Рис. 2. Функциональная схема системы автоматического регулирования соотношения топливо-воздух: З – задатчик, Р- регулятор, ПЧ – преобразователь частоты, Дв- двигатель, ОУ- объект управления, Д- датчик.**

Регулируемым параметром является давление воздуха  $P_v$ , подаваемое в топку и связанное с давлением топлива. Возмущающим воздействием является давление пара  $P_p$ . Управляющим воздействием является расход воздуха  $Q_v$ . Действительное значение давления воздуха измеряет датчик давления Д. Сигнал с датчика поступает в контроллер, который является и сравнивающим устройством и регулятором Р. Сиг-

нал сравнения (ошибка  $e$ ) поступает на формирующий закон регулирования блок в программе контроллера и на аналоговом выходе контроллера формируется плавно изменяющийся сигнал напряжения  $U_1$ , который поступает на преобразователь частоты ПЧ, устанавливающий частоту двигателя Дв воздухоудвки.

Математическое описание звеньев, получим на основании справочных материалов [3, 4] и на его основании составим структурную алгоритмическую схему (рис. 3). Регулятор представлен тремя звеньями: пропорциональным, интегральным и дифференциальным.

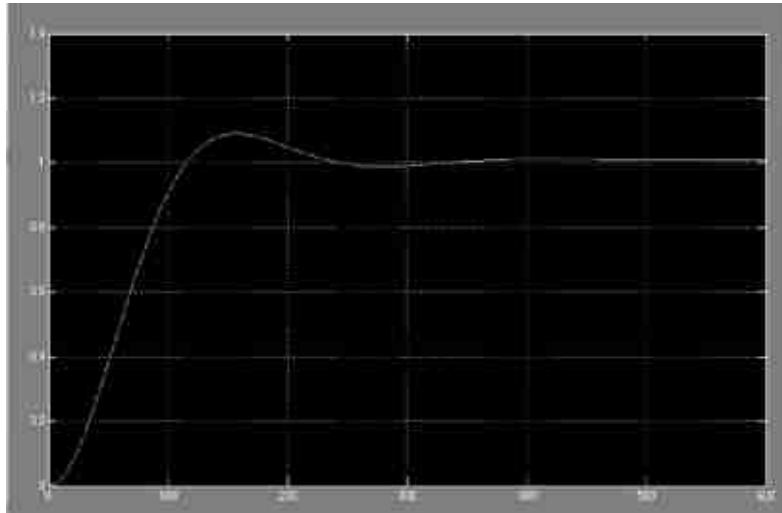


**Рис. 3. Структурная алгоритмическая схема системы автоматического регулирования пароводогрейного котла по контуру соотношения топливо-воздух, адаптированная для анализа в Matlab**

Современные программные средства позволяют легко моделировать работу системы автоматического регулирования, если известно математическое описание ее основных звеньев. Наиболее полные возможности для решения таких задач дает матричная лаборатория Matlab [5], которая имеет мощные средства математически ориентированного программирования, диалога, графики и комплексной визуализации.

Оптимизацию САР проведем по переходной функции [5] объекта согласно структурной схеме, подав на вход единичное ступенчатое воздействие и задав следующие ограничения: перерегулирование  $\leq 20\%$ , статическая ошибка равна 0, время регулирования не более 300 с. Изначально в качестве метода оптимизации установлен по умолчанию метод градиентного спуска. Зацикливание обеспечивается при параметрах:  $k_d=556,6$ ;  $k_i=0,00087$ ;  $k_p=10$ . При этом качество регулирования определяется отсутствием статической ошибки, время регулирования составляет 200 с, перерегулирование 10 % (рис. 4). Найденные параметры значений коэффициентов для оптимальной системы будут нужны для задания значений в контуре регулирования, реализуемом в программе контроллера.





**Рис. 4. Переходная функция системы автоматического регулирования соотношения топливо-воздух пароводогрейного котла с оптимальными параметрами**

Таким образом, энергосбережение в процессе эксплуатации котельных установок может быть обеспечено с помощью системы автоматического регулирования, обеспечивающей оптимальные режимы работы установки. Следует обеспечить полноту сгорания топлива за счет управления тягодутьевым трактом котла. Этого можно достичь, при реализации системы автоматики на базе современного контроллера, который позволяет обеспечить точность регулирования параметров (при условии использования преобразователей частоты для регулируемого электропривода) за счет оптимизации работы регуляторов при условии программного параметрирования по контурам регулирования, реализованных в программе контроллера.

Список использованной литературы

1. Кудинов А. А., Зиганшина С. К. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. М.: Машиностроение, 2011. 374 с.
2. Фурсенко С. Н., Якубовская Е. С., Волкова Е. С. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие. Минск: Новое знание, М.: ИНФРА-м, 2015. 376 с.
3. Якубовская Е. С., Волкова Е. С., Солдатенко А. А. Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства: лабораторный практикум. Минск: БГАТУ, 2011. 196 с.
4. Сидоренко, Ю.А. Теория автоматического управления: учебное пособие. Минск: БГАТУ, 2007. 124 с.
5. Дьяконов, В. П. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6® в математике и моделировании. Сер. «Библиотека профессионала». М.: СОЛОН-Пресс, 2005. 576 с.

УДК 621.31

**ЗАДАЧІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЖИТЛОВОМУ ФОНДІ**

Носань С.В., студент,

Постол Ю.О., к.т.н.,

Ковальов О.В.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

**Постановка проблеми.** Об'єктивний процес економічних реформ, який здійснюється в країні, охоплює всі сфери економіки й спрямований на підвищення їх ефективного функціонування та сталого розвитку. Актуальність, серед проблем житлово-комунального господарства (ЖКГ) країни, що потребують негайного вирішення, є збереження та утримання житлового фонду та енергозаощадження.

**Основні матеріали дослідження.** В умовах глобалізації соціально-економічних процесів головним завданням будь-якої держави є забезпечення енергетичної безпеки. Енергетична безпека держави виходить на перший план з одного боку у зв'язку з вичерпністю енергоресурсів. З іншого боку, для України, як і більшості країн Європи, проблема енергетичної безпеки є тим більш актуальною, бо Україна належить до країн з низькою забезпеченістю енергоресурсами, що створює загрозу національній безпеці. Про необхідність забезпечення енергетичної безпеки України наголошується у президентській Програмі економічних реформ та Енергетичній стратегії України на період до 2030 року [1]. За цих умов потребують вирішення проблеми підвищення ефективності використання енергоресурсів, енергозаощадження, зменшення негативного впливу енергетики на довкілля і т.ін. Актуальними ці проблеми є для житлово-комунального господарства країни.

ЖКГ належить до числа найбільш енергомістких секторів національного господарства, що вносить вагомий внесок у кількість викидів CO<sub>2</sub>. Витрати котельно-пічного палива у країні становить 65-70% від загальної кількості витраченого на виробничо-експлуатаційні потреби. Середньорічна потреба вітчизняного ЖКГ у паливі становить близько 2200 млн. ГДж. Економічно доцільно і технічно можливо знизити цю величину на 800 млн. ГДж [2].

Тим самим знизиться і обсяг викидів CO<sub>2</sub> у атмосферу. Підприємства ЖКГ щорічно споживають 8 млрд. кВт електроенергії та 10 млрд. м<sup>3</sup> природного газу. На опалення жилого фонду щорічно витрачається понад 70 млн.т. у.п., яке майже в 3 рази більше, ніж у країнах ЄС.

В Україні з 1993 році ввели нові норми теплового захисту житлових будинків (зміни у СНиП II-3-79). Наступними змінами було введення норм нового покоління ДБН В.2.6-31:2006 “Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель”, що вступили в дію з 01.04.2007 року [3]. Указані норми відповідають вимогам Європарламенту з енергоефективності будинків. Так, за новими стандартами, в теплоізольованому домі втрати тепла через вікна на 13%, через стіни – на 24% нижчі, ніж у будинках, споруджених до 1994 року.

Але так, як більша частина вітчизняного житлового фонду побудована до 1994 року їх аналіз за якими побудовано багатоповерхові житлові будинки в Україні показав, що втрати тепла через зовнішні стіни складають приблизно 30%, підвальні та горищні перекриття - 10%, віконні та дверні прорізи - до 30%. Також не дивлячись на впровадження змін нормативних вимог до теплоізоляції огорожувальних конструкцій будинків, вітчизняні норми залишаються одними з найнижчих серед країн ЄС.

Показники річних енерговитрат у житловому фонді показали, що у Західній Європі - 150-260 кВт\*год/м<sup>2</sup>; - Скандинавії - 120-150 кВт\*год/м<sup>2</sup> та 60-80 кВт\*год/м<sup>2</sup> - для енергоефективних будинків; - та Східній Європі, у т.ч. Україні - 250-400 кВт\*год/м<sup>2</sup>. Таким чином, житловий фонд України потребує інтенсивного скорочення нераціонального використання енергоресурсів.

В Україні ще у 1994 році розроблено програму енерго-заощадження [4, 5], проте дієвих механізмів для її запровадження у такій важливій сфері, як ЖКГ, не розроблено. Доцільним у зв'язку з цим є аналіз досвіду розвинених європейських країн в галузі енергоефективності та енергозаощадження.

Наприклад, у 1998 році в Польщі був прийнятий Закон про термомодернізацію. В ньому зазначали, що термомодернізація – покращення існуючих технічних параметрів будівель з метою зменшення теплових потреб з подальшим зниженням вартості обігріву даної будівлі та забезпечення визначеного мікроклімату в приміщенні. Закон передбачив термомодернізацію житлових будинків, будівель соціального та громадського призначення, місцевих опалювальних систем. Реалізація положень Закону призвела до зниження енергоспоживання та перерозподілу його структури. Так у 1994 році ЖКГ споживало 38%, транспорт – 14%, промисловість – 34%, інші галузі – 14%, то у 2002 році – 27%, 20%, 24% і 29% відповідно. Як бачимо, обсяг споживання енергоресурсів ЖКГ знизився на 11%, а це вже не аби яке досягнення.

У Данії у 2006 році було введено в дію будівельні норми, що дозволяють зменшити потреби у енергоносіях на 25-30% менші порівняно з попередніми. Окрім цього, у країні діє ефективна система нагляду за дотриманням виконання цих будівельних норм.

На сьогодні в світі чотири країни мають розвинену систему стандартів з енерговикористання - це Данія, Швеція, Ірландія та США.

Програми, що діють сьогодні в Німеччині, в Італії, в Німеччині впроваджуються при залученні дешевих кредитів на модернізацію та заходи з енергозбереження наявного житлового фонду.

Одним з концептуальних завдань вітчизняного паливно-енергетичного комплексу є перехід житлово-комунального комплексу з газу на електрозабезпечення з одночасною модернізацією не виправдано енергоємного виробництва, що потребує технічних рішень і нормативно-правового урегулювання та супроводу.

Уже зараз для системи житлово-комунального господарства розробляється і впроваджується програма переходу з газу на електроживлення, спрямовані на зменшення економічної залежності України від імпорту енергоносіїв, а також впровадження й експлуатації принципів нових технологій і систем.

Виходячи із технічних характеристик сучасного теплотехнічного обладнання та будівельних матеріалів, прийнято низку нових нормативно-правових актів, які регламентують різні аспекти енергозбереження у виробничій та житловій сферах [6,7].

У процесі вибору та впровадження ефективних енергозощаджувачих заходів у житловому фонді роблять принципову різницю між:

- заходами, що стосуються опалювального устаткування та технічних постачальних і розподільних мереж. Вони покращують ККД опалювального устаткування або підготовки гарячої води;

- заходами, що впливають на споживання теплової енергії. Ці заходи стосуються огорожуючих конструкцій будинку та вентиляції.

Для визначення потреби будинку в тепловій зовнішній енергії існує кілька простих алгоритмів розрахунку енергобалансу будинку. При цьому розраховуються як втрата тепла при трансмісії та вентиляції так і отримання додаткового тепла від сонячної енергії, що надходить через вікна, а також виникає усередині приміщення шляхом накопичення тепловіддачі людей та побутових електроприладів. Ці програми дозволяють спланувати її та надійно оцінити усереднену потребу будинку в тепловій енергії та середніх нормах споживання [8,9].

При проведенні модернізації будинків потрібно завжди передбачати заходи з підвищення теплоефективності шляхом збільшення товщини захисною теплоізолюючого прошарку, оскільки витрати на додаткові сантиметри ізоляційного матеріалу, як правило, невисокі. Енергозощадження подовжує життя будинків. Власні розрахунки та практичний досвід показали, що наприклад, від 15 до 40% площі віконного прорізу припадає на віконні рами, тому якість матеріалу, з якого виготовлені рами, має вирішальне значення для збереження теплової енергії [8].

Дефекти заповнень віконних та дверних прорізів у стінах є одними з найпоширеніших порушень, що призводять до негативних змін мікроклімату в приміщеннях. Нещільності в конструкціях заповнень є причиною інфільтрації холодного повітря та зниження теплової ефективності будинку на 20-35%. Отже дійшовши такого висновку, що серед дієвих засобів підвищення теплової ефективності стін, що мають віконні та дверні прорізи, є такі:

- зменшення кількості та площі прорізів;
- утеплення та герметизація щілин по периметру віконних та дверних заповнень (поліуретановою піною; поролоновими смужками з клейкими шаром або ущільнювачами з пористої м'якої гуми, силікону та ін.);
- встановлення додаткового скла або герметичних вакуумних одно
- двокамерних віконних склопакетів (забезпечує зменшення витрат тепла на 20-30%). За технічними характеристиками найкращі показники з опору теплопередачі мають двокамерні віконні склопакети, але і вони можуть бути вдосконалені за рахунок:
  - застосування тепловідбивних плівок. Взимку такі плівки дозволяють знизити витрати тепла на 30%, а влітку значно зменшити проникнення тепла в приміщення;
  - встановлення зовнішніх жалюзі і віконниць, призначених для зменшення інфільтрації, тепловтрат та зниження перегріву приміщень влітку.

При заміні тільки вікон на сучасні скло пакети, тільки у ЖКГ можливо заощадити 13 млн.т умовного палива на рік, що одночасно зменшить викиди CO<sub>2</sub> на 36 млн.т. щорічно. Ще більшу економію можна забезпечити шляхом теплової ізоляції стін житлових будинків і робити це можливо і без відселення мешканці. Будинки відрізняються один від одного, з точки зору енерготехнічних показників, через різний спосіб будівництва та їх компактність (зовнішня поверхня/об'ємні параметри). Але будинки, збудовані в певні періоди, мають схожі характеристики, і це дає можливість застосувати, відповідно, аналогічні заходи енерготехнічної санації.

**Висновки.** Таким чином, дослідження показують, що станом на сьогоднішній час житлово-комунальне господарство, є найбільш технічно відсталою галуззю з багатьма проблемами. Серед таких проблем є низька енергоефективність. Про це свідчить наявність системної кризи в галузі яка заслуговує велику увагу зі сторони держави, а також суспільства та потребує кардинальних змін. На житловий фонд припадає велика частина загального обсягу споживання енергії, зниження якої дозволить зберегти енергоресурси та зменшити викиди в атмосферу окису вуглецю. Тому саме теплотехнічна санація будинків є ефектив-



ним способом охорони клімату і навколишнього середовища. Рентабельними вони є у випадку їх поєднання з проведенням поточного чи капітального ремонту будинку. Проаналізувавши закордонний досвід розв'язання проблем енергоефективності свідчить про можливість економії паливно-енергетичних ресурсів за рахунок впровадження енергозаощаджуючих технологій, матеріалів та організаційних заходів.

В Україні з 1994 року розроблено програму енергозаощадження, але дієвих механізмів не було розроблено для її запровадження у такій важливій сфері, як ЖКГ. Тому доцільним у зв'язку з цим є аналіз досвіду розвинених європейських країн в галузі енергоефективності та енергозаощадження.

#### **Список використаних джерел**

1. Офіційний сайт Національного інституту стратегічних досліджень URL: <http://www.niss.gov.ua/Monitor/September10/3.htm>

2. Саницький М.А., Позняк О.Р. Проблеми енергозбереження в сучасному житлово-комунальному будівництві. Ринок інсталяцій. – 2005. - №4. – С.22-23.

3. ДБН В.2.6-31:2006 “Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель”.

4. Закон України “Про енергозбереження” // Відомості Верховної Ради України. 1994. №30. С. 283.

5. Трикоз В.О., Постол Ю.О. Енергоефективність та енергозбереження. Матеріали I Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 63-65.

6. Постол Ю.О., Закревський Д. Реалізація політики з енергозбереження. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: матеріали VI Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції за підсумками наукових досліджень 2018 року. Мелітополь, ТДАТУ, 2019. Вип. VI. С.17-20.

7. Бурцева С.О., Постол Ю.О. Ефективність теплових насосів. Матеріали I Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 33-34.

8. Власенков О.А. Досвід країн Євросоюзу з підвищення енергоефективності. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: матеріали VI Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції за підсумками наукових досліджень 2018 року. Мелітополь, ТДАТУ, 2019. Вип. VI. С.6-8.

9. Бурцева С.О., Постол Ю.О. Система енергоменеджменту – шлях до створення «зеленої» економіки. Матеріали I Міжнародної наук.-практ. Інтернет-конференції “Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі”. Мелітополь, 2020. С. 290-293

УДК 664.8.047.3

## МЕТОД ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ВИСОКОВО- ЛОГОЇ ЯБЛУЧНОЇ СИРОВИНИ

Савойський О. Ю., ст. викл.

*Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна*

**Постановка проблеми.** Овочі і фрукти є незамінним джерелом найважливіших біологічно активних речовин — вітамінів, вуглеводів і мінералів, необхідних для нормальної життєдіяльності людини. В переробній та харчовій промисловості для отримання продуктів довготривалого зберігання виробляються у сушеному вигляді. На даний момент існує велика кількість методів сушіння, але аналіз показує, що існуючі методи досить дорого коштують, енергоємні і іноді малоефективні [1].

На даний час розроблено ряд електрофізичних методів інтенсифікації процесу сушіння, в тому числі - обробка інфрачервоним випромінюванням, обробка в електростатичному полі, високочастотна і надвисокочастотна, акустична обробка та ін. Також відомі методи електроконтактного нагріву плодоовочевої сировини струмом підвищеної частоти 5-25 кГц [2, 3]. Однак, цим методам характерні значні енергозатрати, крім цього, збільшення частоти струму може призвести до виникнення нерівномірних полів температур в продукті, що нагрівається та ін. В результаті аналізу наведених в джерелах інформації результатів досліджень можна зробити висновок, що більшість з них пов'язані з особливостями конкретного виду та сорту фруктів, що не дозволяє уніфікувати підхід до питань розробки вказаних методів зневоднення та технічних систем на їх основі. Викладене вище дозволяє сформулювати основні задачі та принципи розробки нових методів сушіння та можливість їх комбінації для зменшення енергозатрат в процесі обробки сировини.

**Основні матеріали дослідження.** Збуджуючий вплив електричного струму на живі тканини відомий в біології давно [4]. Спосіб обробки плодів і ягід, що підлягають сушінню, прямим електроконтактним нагрівом заключається в тому, що через плоди або нарізані шматочки пропускається змінний електричний струм різної величини напруги та частоти.

Нами проведені експериментальні дослідження кінетики сушіння яблук, нарізаних циліндричними пластинами товщиною 5 мм. Дослідження електроконтактного нагріву яблук струмами промислової частоти проводились перед початком сушіння на лабораторній установці .

З метою інтенсифікації підводу енергії до висушеного зразка, а значить пришвидшення процесу зневоднення, нами запропонована дослідна установка [5]. Пілотний варіант дослідної установки був обладнаний: джерелом живлення; ЛАТРОм; вольтметром; міліамперметром; двома плоскими електродами; таймером; електронними вагами; сушильною шафою; джерелом ультразвуку.

Для визначення параметрів сушіння, досліджувані зразки поміщалися в сушильну шафу з температурою повітря всередині шафи 55 °С. При цьому на зразок чинилася дія ультразвукових коливань.

Виходячи із теорії сушіння, найбільша кількість енергії повинна бути затрачена в період прогрівання зразка та на початку першого періоду сушіння. Тому, для інтенсифікації підводу енергії в період прогрівання нами запропоновано використання прямого електричного нагріву для підігріву зразків в процесі зневоднення.

Механізм впливу електричного струму на структуру зразків яблук зв'язаний з переміщенням іонів всередині клітини, при чому їх вільному переносу перешкоджають напівпроникні оболонки клітин. В результаті цього у напівпроникних мембранах має місце зміна концентрації іонів, що і являється причиною електричного збудження, яке супроводжується підвищенням їх проникності, що полегшує дифузію їх складового в навколишнє середовище. За рахунок даного явища тривалість процесу зневоднення зразків яблук значно зменшується.

Електроди для подачі додаткової потужності накладалися на торцеві поверхні зразків. Однакова сила притиску забезпечувалась спеціальними гумовими затискачами. Електроди виготовлені із нержавіючої сталі товщиною 2 мм. Дослідження показали, що на характер підігріву шару яблук струмом промислової частоти істотний вплив чинить підведена напруга.

З підвищенням напруги має місце інтенсивний підігрів матеріалу. Температура його швидко збільшується, досягаючи температури кипіння води. При цьому волога не встигає повністю виходити у вигляді пари і кипить всередині матеріалу. Це приводить до руйнування кліткової структури яблук. При цьому вони темніють, тому оптимальне значення напруги, та відповідно значення прикладеної потужності вибирались виходячи із візуальної оцінки стану зразків. Також експериментально був визначений термін прогрівання – не більше 1 хв.

Крім визначення зміни маси та вологості зразків, нами вимірювалась величина електропровідності продукту. Все це робилося для експрес оцінки вмісту вологи у висушеному продукті та оцінки можливості та періоду використання прямого електричного підігріву.

Досліджена динаміка зміни провідності зразка в залежності від часу сушіння показала, що під дією електричного струму підвищується проникність клітин яблука, що приводить до збільшення соковіддачі.

При цьому відмічається зниження електричного опору рослинної сировини. Також на основі отриманих залежностей, можна зробити висновок, що підігрів сировини прямим електронагрівом найбільш доцільно проводити в перший період сушіння, так як при цьому проходить швидка зупинка всіх процесів життєдіяльності клітин, що забезпечує збереженість корисних речовин і прискорення процесу видалення вільної вологи із матеріалу. При цьому забезпечується енергоекономічність процесу за рахунок високої провідності зразків.

Досліджена динаміка зміни маси зразків яблук на протязі сушіння показала, що обробка шару яблук електричним струмом промислової частоти та ультразвуком на початку сушіння прискорює процес його зневоднення. Експериментальні дослідження показали, що додаткове використання прямого електронагріву в процесі конвективного сушіння дозволить скоротити час сушіння продукту на 14%, а додаткового прямого електронагріву та ультразвуку – до 20%.

**Висновки.** Результати досліджень свідчать про те, що для інтенсифікації сушіння яблук доцільно перед початком процесу проводити підвищення їх температури шляхом прямого електроконтактного нагріву та використання в процесі сушіння ультразвуку. Це дозволить зменшити час зневоднення та знизити питомі енергозатрати на одиницю готової продукції.

#### Список використаних джерел

1. Савойський О. Ю. Аналіз методів сушіння плодоовочевої сировини та їх класифікація. Вісник Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка. 2016. Вип. 175. С. 85–88.
2. Рогов И. А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов. Москва: Агропромиздат, 1988 – 272 с.
3. Способ сушки и обеззараживания фруктов и ягод: пат. 2194228 Российская Федерация: F26B3/347, A23B7/02 / И.М. Чекрыгина, В.Г. Букреев, А.Д. Еремин; заявитель и патентообладатель «Таганрогский научно-исследовательский институт связи». - № 2000123044/13 ; заявл. 04.09.2000 ; опубл. 10.12.2002.
4. Попов А. М., Тихонов Н.В., Тихонова И.Н. Исследование технологических процессов для концентрации и стерилизации соков методом прямого нагрева. Техника и технология пищевых производств. 2013. Вып. 1. С. 81–87.
5. Савойський О.Ю., Яковлев В.Ф. Электрофизический метод интенсификации процессу сушки фруктов. Науковий вісник державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. Мелітополь, ТДАТУ, 2017. Вип 9, Т.1. с. 219-224. Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html>.

УДК 662.986.6

**ОСОБЛИВОСТІ ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗОВИХ  
КОНДЕНСАЦІЙНИХ КОТЛІВ В СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ**

Сіренко В.Ф., к. т. н., доцент

*Сумський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** В Україні газове паливо залишається основним джерелом теплової енергії. До 90 % виробітку тепла в побутовому секторі припадає на використання природного газу. Виникає ціла низка проблем при спалюванні цінного природного палива: викиди парникових газів, зменшення запасів викопної сировини, дорожчанням газу на світовому ринку. Все це змушує дослідників і виробників вишукувати способи підвищення ефективності функціонування опалювальних котлів.

Останнім часом все більше уваги приділяється газовим конденсаційним котлам, у яких коефіцієнт корисної дії вже спочатку має значення на 10 % більше за традиційне обладнання [1].

**Об'єкти дослідження.** Головна ідея, що закладена в принцип роботи конденсаційних котлів нового типу – використання вищої теплоти згоряння палива, порівняно з нижчою, що традиційно реалізується в конвективних топках. Різниця полягає в тому, що в першому випадку майже повністю із топочних газів відбирається внутрішня теплота утворення водяної пари, як тієї, що утворилась при згорянні водневого компоненту палива, так і присутньої в початковому повітрі. А в другому разі намагаються гарячі і вологі топочні гази відвести через димоходи без утворення агресивної рідкої фази.

Для порівняльного аналізу ми розглядаємо будову і роботу вдосконалених котлів конвекційного та конденсаційного типів із турбованим та моделюємим пальником. Відміною в їх будові є встановлення вторинного теплообмінника для підігрву зворотньої води із опалювальної мережі по типу економайзера в крупних котельних установках. Але у вибраному режимі теплообміну відбирається скрита теплота пароутворення із випадінням конденсату на теплообмінних поверхнях.

Найбільшу ефективність конденсаційні котли мають при температурному режимі 50/30 (вихід гарячої води - 50°C, обратка - 30°C), для цього потрібні збільшені поверхні тепловіддачі або радіаторів, або теплої підлоги. В цьому випадку ККД складає 105-107% за ВТЗ, при температурі обратки 50-60 °C ККД конденсаційних і конвективних котлів зближаються до 95-97%. Ще одним джерелом енергетичної ефективності котельного обладнання є покращення системи керування при використанні каскаду невеликих котлів, що дає можливість більш гнучко керувати навантаженням всієї установки. Поліпшення керованості



можна досягти також при використанні частотнокерованого приводу електродвигуна вентилятора пальника.

**Результати та обговорення.** Метою нашого дослідження стало вивчення впливу величини потужності котельних установок на їх економічну ефективність. Як було показано раніше, енергетична ефективність визначається, насамперед, тепловими режимами роботи. Для правильного вибору також слід дослідити вплив вартості обладнання різної потужності на термін окупності котельних установок.

Для виконання аналізу роботи та економічної ефективності були вибрані дві групи звичайних газових і конденсаційних котлів із різною потужністю. Перша група розрахована на опалення приватних будинків площею 100-120 квадратних метрів, найчастіше побудованих наприкінці минулого століття і з потужністю 12 кВт.

Друга група таких же типів котлів розрахована на більшу площу 260-300 квадратних метрів сучасної побудови (котеджного типу) і потужністю 28 кВт. Для коректного порівняння обидва типи: газові та конденсаційні розглядались з вентиляторною подачею повітря (турбовані).

В розрахунки вартості обладнання була закладена середня ціна декількох котлів із кожної групи виробництва провідних європейських фірм і присутніх на даний час на українському ринку із даних електронного ресурсу Хотлайн.

Вартість природного газу для всіх категорій споживачів станом на листопад 2020 року ( за 1000 м<sup>3</sup> з ПДВ) складає приблизно 9000 грн.

Перша група котлів потужністю 12 кВт.

Опалювальна площа будівлі -100 м<sup>2</sup>.

Неконденсатний (турбо) середня ціна - 10 тис. грн.

Конденсатний (турбо) середня ціна - 35 тис. грн.

Різниця вартості 35-10=25000грн.

Для таких будівель із неконденсатним котлом витрата газу за опалювальний сезон для помірної зими складає 2300 м<sup>3</sup> (за власними спостереженнями).

Середня ефективність (ККД) неконденсатного котла за опалювальний сезон за паспортними даними – 91%.

Середня ефективність (ККД) конденсаційного котла за опалювальний сезон за паспортними даними – 102%.

Для таких котлів при помірній зимі різниця спожитого природного газу за сезон за рахунок підвищення ККД буде

$2300 - (2300 \cdot 91\%) / 102\% = 248 \text{ м}^3$ .

Вартість зекономленого палива  $248 \times 9 = 2232 \text{ грн}$ .

Термін окупності при збереженні об'єму споживання та газових тарифів

$25000 / 2232 = 11,2 \text{ роки}$

Розрахунок для більш потужних котлів – 28 кВт.

Вартість аналогічних типів колів за даними того ж Хотлайну.  
Неконденсатний одноконтурний (турбо) середня ціна - 27 тис. грн.

Конденсатний одноконтурний (турбо) середня ціна - 42 тис. грн.

Різниця  $42-27=15000$  грн

Витрата газу для неконденсатного котла за сезон зростає пропорційно площі будівлі  $2300 \cdot 28 / 12 = 5367 \text{ м}^3$ .

Середня ефективність (ККД) неконденсатного котла за опалювальний сезон за паспортними даними – 91%.

Середня ефективність (ККД) конденсатного котла за опалювальний сезон за паспортними даними – 103%.

Зменшення об'єму спожитого газу за період роботи системи опалення  $5367 - (5367 \cdot 91\%) / 103\% = 625 \text{ м}^3$ .

Зменшення вартості спожитого газу за сезон

$625 \text{ м}^3 \cdot 9 \text{ грн/м}^3 = 5625 \text{ грн}$ .

Термін окупності  $15000 / 5625 = 2,7$  роки

**Висновки.** Застосування більш ефективного конденсатного обладнання при будь-якій потужності дає зменшення річних витрат на паливо. Однак, строк погашення капітальних затрат при збільшенні потужності котла в 2,3 рази скорочується в 4 рази, що і є джерелом економічної ефективності. Це пояснюється тим, що вартість автоматики, засобів безпеки та обв'язки котла майже не залежить від потужності, тому капітальні затрати збільшуються, але непропорційно тепловій потужності.

### *Список використаної літератури*

1. Конденсационные газовые котлы. URL: <http://hot-well.com/storage/docs/kondensacionnye-kotly1461830486.pdf>

УДК 629.331.5 : 621.313.

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЕЙ

Сіренко В.Ф., к. т. н., доцент

Тимченко С.В., магістрант

*Сумський національний аграрний університет*

Світове господарство все більш приділяє уваги використанню високопотенціальної електричної енергії, зважаючи на її доступність, легкість трансформації та транспортування по мережам та в акумуляованому вигляді. В той же час в умовах парникового ефекту в атмосфері розвинені країни до цілої низки технічних вимог включають і екологічні аспекти.

**Актуальність та постановка проблеми.** Для електротранспорту насамперед привабливим є відсутність вихлопу із двигуна, Щоб дати точну відповідь ефективності електрокарів слід провести екологічний порівняльний аналіз електромобілей та автомобілей, що працюють на вуглеводневому паливі на кожному із етапів «життя» машин, А саме:

- виробництво;
- експлуатація;
- утилізація.

Показовою є оцінка чистоти виробництва електро і вуглеводного автомобіля хоча б за одним параметром - викид  $\text{CO}_2$  5,6 т.  $\text{CO}_2$  видаляється на виготовлення одного паливного авто -  $\sim$ а 8,8т  $\text{CO}_2$  на один електрокар. Але виграш електрики очевидний. Починаючи з першого кілометра шляху ДВЗ інтенсивно виділяє вуглекислий газ приблизно 1кг на 1 літр палива (без врахування ще цілого букету речовин аж до канцерогенів). А електричний спалює вуглецю значно менше, навіть за умови живлення енергією вугільної електростанції.

Значно збільшується виграш електротранспорту в екологічному плані при використанні електричної енергії виробленої на станціях із альтернативними джерелами енергії.

Перевагою електричного приводу автомобіля є краща керованість двигуном за рахунок легкої автоматизації на 100 км шляху. Так на ДВС потрібно  $\sim$  26 МДж, щоб добути паливо і доставити його до автомобіля, а на переміщення авто  $\sim$  142 МДж. Щоб подолати відстань 100 км на електродвигуні витрачається  $\sim$  74 МДж для вироблення і доставки електрики до автомобіля, а для пересування електрокару  $\sim$  38 МДж.

Дослідники університету Единбурга з'ясували, що при експлуатація електромобілів відбувається виділення в навколишнє середовище значної кількості шкідливих мікрочастинок що утворюються в

процесі руху автомашини, причому таких шкідливих часток утворюється більше, ніж при використанні ДВС із-за збільшеної на 25% маси транспортного засобу.

**Основні матеріали дослідження.** Виробництво акумуляторних батарей для автомобілів електричного типу пов'язано із значними викидами шкідливих речовин. Приблизно половина всіх викидів при виробництві доводиться безпосередньо на виготовлення АКБ. Крім того, для їх виготовлення дуже потрібна кобальт.

Як результат зміни технології виготовлення акумуляторних батарей в вересні 2020 року надійшло повідомлення, що Кіотський університет і Toyota працює над фторид-іонними батареями для електромобілів з запасом ходу 1000 км. Команда вчених розробила прототип відповідної акумуляторної батареї в якій використовується фторид-іонний хімічний склад, також відомий як FIB і забезпечує приблизно в 7 разів більше енергії на одиницю ваги, ніж звичайна літій-іонна батарея. Крім того, нова батарея працює приблизно в 8 разів довше, ніж існуючі батареї.

Якщо лабораторні випробування фторид-іонних акумуляторів пройдуть успішно і вони надійдуть в масове виробництво, це може привести до розробки менших і більш легких акумуляторів з тим же діапазоном запасу ходу, що й існуючі літій-іонні акумулятори того ж розміру, що призведе до значного збільшення пробігу електромобіля.

Найбільша проблема полягає в тому, що Фторид-іони мають ефективну провідність тільки в тому випадку, якщо твердий електроліт досить нагрітий, що призводить до небажаного ефекту розширення електродів. Однак команда Кіотського університету і Toyota заявляє, що, зробивши їх зі сплаву кобальту, нікелю та міді, вони знайшли спосіб вирішити цю проблему.

Інші корпорації, наприклад, CATL розробляє нову батарею для електромобілів без нікелю і кобальту, а Panasonic збільшить щільність і відмовиться від кобальту в акумуляторах для Tesla.

**Висновки.** Таким чином, зважаючи на інтенсивні дослідницькі і проектні роботи і зростаючий попит на електротранспорт в найближчі десятиліття екологічна цінність електрокарів буде тільки зростати, що дозволить розвиватися даній галузі.

УДК 620.92

## ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОГОРОДКОВ.

Коротинский В.А., к.т.н., доцент,

Клинцова В.Ф., ст. преп.

Сырокваш Н.А., ст. преп.

*УО «Белорусский Государственный аграрный технический университет» г. Минск Республика Беларусь*

**Постановка проблемы.** В Республике Беларусь действует Государственная программа возрождения и развития села.

Цель программы – установление приоритетов государственной финансово-экономической, организационно-кадровой и информационной поддержки аграрного производства, развитие сельской социальной и производственной инфраструктуры, обеспечение достойного уровня жизни сельского населения для улучшения демографической ситуации и социально-культурного возрождения села, формирование эффективного и устойчивого агропромышленного производства. Все большее развитие получают агрогородки со специфической комплексной компоновкой производственно-хозяйственной и социально-бытовой структур территорий сельскохозяйственных предприятий [1]

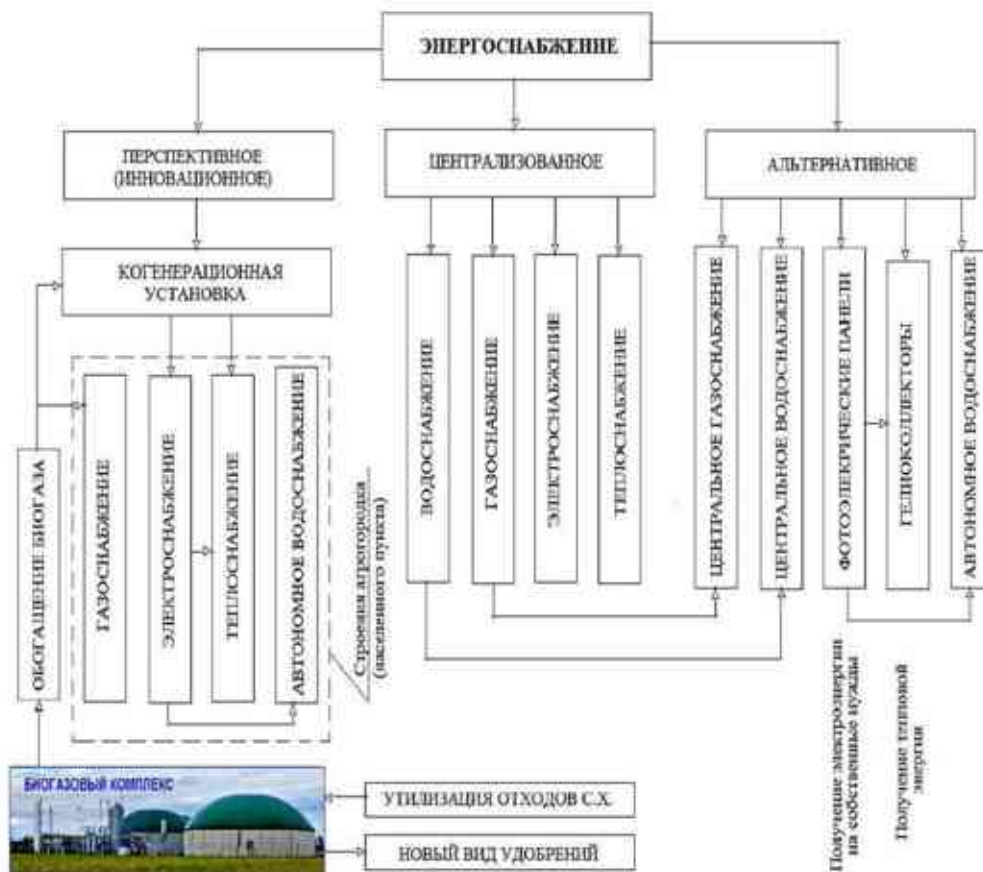
**Основные материалы исследования.** В Беларуси создано 1481 агрогородок (в том числе Брестская область 221, Гомельская область 238, Витебская область 256, Гродненская область 239, Минская область 325, Могилевская область 202), что соответствует занятости около 60% сельского населения и аграрного производства.

Агрогородок – категория населенных пунктов Беларуси. Агрогородки были вынесены в качестве отдельного типа сельских населенных пунктов в 2007 году в рамках Закона «Об административно-правовом делении и порядке решения вопросов административно-территориального устройства Республики Беларусь, тогда же они получили и официальный статус. Изначально агрогородок должен был отличаться от деревень и других поселков гораздо лучшим уровнем благоустроенности, наличием хорошей инфраструктуры, и вообще, агрогородки планировались практически как уменьшенные города.

Исходя из субъективных и объективных факторов, требования предъявляемые к агрогородкам не выполнены. Жители, которые сменили Минск и другие города на жилье в агрогородке, столкнулись с целым рядом серьезных проблем: неудовлетворительное качество построенных жилых зданий и хозяйственных сооружений; некачественное энергообеспечение; крайне слабо развитая инфраструктура; малое количество рабочих мест с нормальной заработной платой.



**Результаты исследования.** Результатом исследования поставленной проблемы, стала разработанная комплексная схема энергоснабжения, которая объединяет в себе три возможных схемы: типовую, альтернативную и перспективную рис.1. Работа схемы может обеспечить бесперебойное и качественное энергообеспечение. Основным энергетическим источником является биогазовый комплекс (находящийся в районе расположения сельскохозяйственного производства, источника отходов), определим основные требования к объекту.[2]



**Рис. 1. Типовая, альтернативная и перспективная схема энергоснабжения**

### 1. Требования к биогазовому комплексу:

- бесперебойная доставка отходов сельскохозяйственного производства согласно технологическому регламенту;
- на начальном этапе необходим детальный энергоаудит сельхозпредприятия, в котором будет установлен БГК;
- следует оценить сырьевую базу и затраты на логистику перевозок;
- так как затраты на сырьё составляют примерно 50% от общей суммы затрат на эксплуатацию, необходим постоянный мониторинг концентрации субстратов сырья, их вязкости и пригодности к перемешиванию;
- бесперебойная доставка субстрата согласно технологическому регламенту;

- бесперебойная работа установки по обогащению полученного биогаза;
- четкое выполнение планового графика работы штатной когенерационной установки, обеспечивающей собственные нужды биогазового комплекса;
- обеспечение плановой подачи обогащенного газа в локальную магистральную сеть (до агрогородка).
- быстрое, организованное проведения работ по техобслуживанию биогазового комплекса (чем старше установка, тем важнее этот аспект);

2. Газовая магистральная сеть (биогазовый комплекс – агрогородок):

- бесперебойная подача газа согласно плановому технологическому регламенту.

3. Газораспределительный пункт (ГРП) агрогородка:

- обеспечить размещение ГРС и ГРП к центру нагрузок;
- предусмотреть для сельских населенных пунктов шкафные ГРП;
- соблюдать требования по надежности газоснабжения прописанные в ТКП 45-4.03-267-2012(02250).

б. Распределительные газовые сети агрогородка (газоснабжение):

- обеспечить безопасный режим газоснабжения;
- оценка технического состояния подземных и надземных газопроводов производится в соответствии с техническими нормативными правовыми актами, согласованными с Госпромнадзором.
- газопроводы, находящиеся в эксплуатации, должны быть под систематическим наблюдением, подвергаться проверкам технического состояния, текущим и капитальным ремонтам.
- техническое состояние наружных газопроводов и сооружений должно контролироваться периодическим обходом.
- строительно-монтажные работы на объектах газораспределительной системы и газопотребления должны осуществляться организациями, имеющими лицензию Госпромнадзора .[3]

4. Когенерационная установка агрогородка:

- высокая надежность;
- компактное блочное исполнение, минимизирующее требования к строительным и монтажным работам;
- низкий уровень шума, обеспеченно и стандартно поставляемым противозвучным кожухом;
- высокое соотношение качества и цены и вытекающая из этого максимальная экономия при эксплуатации;
- гарантийное и послегарантийное обслуживание.
- эффективная и экологическая составляющая первичной энергии.
- эффективное использование тепловой энергии.

5. Электроснабжение всех объектов коммунальной и социальной сферы агрогородка:

- требования по надежности потребителей 3 категории должны соответствовать ПУЭ;

7. Водоснабжение:

- обеспечить автономное водоснабжение, предусмотрев в каждом доме скважинный насос WWQ насос скважинный 3NSL 0,5/30P (напор 53 м, длина кабеля 30 м), при этом запас по давлению составит 34%.

8. Теплоснабжение:

- осуществить централизованное подключения системы теплоснабжения от когенерационной установки;
- предусмотреть в каждом доме индивидуальный тепловой узел (требования к эксплуатирующему оборудованию теплового узла должны соответствовать ТКП 458-2012 (02230); .[4]
- опломбировка приборов учета тепловой энергии.

**Выводы.** Перспективная схема энергообеспечения сельских населенных пунктов (агрогородков) преследует выполнение трех основополагающих задач:

1. Утилизация отходов сельскохозяйственного производства.
2. Получение качественных органических удобрений.
3. Надежное и качественное энергоснабжение потребителей.

Исходя из последней задачи, в населенном пункте обеспечивается полное газоснабжение (выработанный биогаз проходит цикл обогащения (удаляются все лишние включения типа CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S) и направляется в газовую трубу) и электроснабжение потребителей качественной и недорогой электрической энергией. Вырабатываемая когенерационной установкой тепловая энергия расходуется на нужды теплофикации (отопление и горячее водоснабжение). В теплый период года тепловая энергия может быть использована в абсорбционных холодильных машинах для коммунальных объектов (продовольственные магазины на территории агрогородка).

**Список литературы**

1. Государственная программа возрождения и развития села. Указ Президента Республики Беларусь 25.03.2005 № 150

2. Биоэнергетика: пособие/ Коротинский В.А., Гаркуша К.Э. Минск: БГАТУ, 2011 148с

3. ТКП 45-4.03-267-2012 (02250) Газораспределение и газопотребление Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ. 2012. 102 с.

4. ТКП 458-2012(02230) Правила технической эксплуатации теплоустановок и теплосетей потребителей. Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ. 2012. 46 с.

**СЕКЦІЯ 6. ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ АПК**

---

УДК 330.43

**РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАЦИОНА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ АПК**

Подашевская Е.И.<sup>1</sup>, ст. преп.,

Серебрякова Н.Г.<sup>1</sup>, к. пед. н.,

Болтянская Н.И.<sup>2</sup>, к. т. н.,

<sup>1</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет г. Минск, Беларусь*

<sup>2</sup>*Таврический государственный агротехнологический университет имени Дмитрия Моторного, г. Мелитополь, Украина,*

Проблема повышения использования кормов сельскохозяйственными животными с целью увеличения уровня и качества получаемой от них продукции является одной из важнейших проблем сельскохозяйственной биологической науки. Поэтому изменение норм кормления сельскохозяйственных животных и просмотр методов оценки питательности кормов в мировой науке является непрерывным процессом. Необходимость совершенствования параметров кормления и оценки объясняется, прежде всего, развитием физиологических и биохимических основ биологии кормления и получением научной информации, позволяет по-новому рассматривать известные факты, определять и уточнять потребность животных в питательных веществах и пути удовлетворения этих потребностей. Этому так же способствует значительный рост продуктивности животных, совершенствование техники кормления и технологий заготовки кормов [1-3].

Научной основой повышения использования питательных веществ кормов является физиология питания сельскохозяйственных животных, опирается на знания закономерностей и взаимосвязей процессов пищеварения и обмена веществ. Начальным этапом обмена веществ у животных есть пищеварения. Оно представляет собой сложный физиологический и биохимический процесс, благодаря которому корм, поступившем в пищеварительный тракт, подвергается физическим и химическим изменениям, а содержащиеся в нем питательные вещества всасываются в кровь и лимфу

Одним из важных путей повышения эффективности использования питательных веществ кормов является повышение его переваривания, что может быть достигнуто только на основе знаний физиологических и биохимических процессов переваривания кормов и с учетом о связи этих процессов с составом рациона и физиологическим состоянием животного. Развитие нормирования питательных веществ в нашей стране шел в основном по направлению увеличения количества нормированных и контролируемых показателей. До определенного момента такие тенденции были оправданы, но в основном для моногастричных животных. В настоящее время потребности определяются и нормирования проводится только в сырых перевариваемых веществ. Известно, что животным для жизнедеятельности и производительности нужны не корма, как такие и не химические компоненты их, а вещества-метаболиты, образующиеся в процессах пищеварения и промежуточного обмена. Известно также, что жвачные животные имеют принципиальные различия в физиологии и обмена веществ, которые модифицируют количественные и качественные характеристики почти всех компонентов корма [4-6].

Оптимизация рациона кормления сельскохозяйственных животных является важным фактором повышения производства продукции и обеспечении ее надлежащего качества. С точки зрения эффективности производственной деятельности оптимальный рацион должен быть минимизирован не только по стоимости кормов, но и для каждого вида и половозрастной группы сельскохозяйственных животных с учетом их планируемой продуктивности. Одновременно должны быть обеспечены потребности животных не только в количестве корма, но и в основных ингредиентах: питательных веществах, витаминах, аминокислотах и микроэлементах. Нахождение компромисса между качеством кормления и затратами на корма в реальной задаче со многими переменными обеспечивается только при использовании методологии экономико-математического моделирования и его компьютерной реализации [7-9].

Существуют готовые профессиональные программы оптимизации рациона. Однако опыт использования готовой программы в передовом хозяйстве [10] показал недостатки такого пути. Принцип работы программы следующий: задаются все корма, сколько хотим получить молока и какой жирности – и получаем, как кормить. Но готовая программа, закупленная на коммерческой основе, закрыта от корректирования и не допускает никого вмешательства и задания дополнительных ограничений. Однако бесконтрольная добавка концентратов по принципу «больше – значит лучше» не срабатывает в отношении молочного стада, поскольку перекорм может привести корову к болезни. получается, что использование готовых программ по формированию рациона кормления при невозможности внесения необходимых требований и



дополнений дискредитує саму ідею оптимізації. Створення власної програми дозволить забезпечити вимоги, пред'являемі в конкретному господарстві, до годівлі сільськогосподарських тварин. Але для складання такої програми фахівець господарства повинен отримати в процесі навчання в університеті (або при підвищенні кваліфікації) знання, вміння і навички, що забезпечують якісне виконання такої роботи або, як мінімум, здатність проаналізувати якість будь-якої готової програми.

Пропонуються наступні послідовні дії для вирішення поставленої задачі.

1. Студентам потрібні знання з теорії лінійного програмування: основні принципи побудови задачі, формування обмежень і цільової функції в задачі оптимізації.

2. Реалізація оптимізаційних задач здійснюється в середовищі Microsoft Excel.

3. Для вирішення задачі оптимального раціону сільськогосподарських тварин, використовуючи класичну структурну модель, складаємо матрицю з максимально можливим в аналізованому господарстві кількістю змінних (кормів), обмеженнями по мінімальним і максимальним нормам годівлі і потрібній кількості поживних речовин. Одночасно буде досягнута мета поглиблення знань з основ тваринництва.

4. Підготується таблиця вмісту аналізованих поживних речовин в кожному виді корму і таблиця цін кормів. З цих таблиць дані будуть передаватися в матрицю за посиланнями. Така структура спрощує модернізацію матриці: як внесення можливих змін (в цьому випадку при зміні, наприклад, поживних речовин в сортовому складі зеленого корму зручно зробити перерахунок в матриці), так і розрахунок раціону для іншої вікової групи тварин.

5. По сформованій матриці вводяться необхідні обмеження в «Пошуку рішень» Excel (це дію буде виконувати тільки один раз) і виконується розрахунок в вкладці «Поиск решения».

6. Здійснюється аналіз отриманих результатів.

Розробка власної ЕММ розрахунок раціону годівлі дає наступні можливості.

1. Забезпечення індивідуалізованого оптимального раціону для кожного виду і вікової групи тварин конкретного господарства, можливість внесення змін і доповнень в формований раціон.

2. Здатність ставити задачу економіко-математичного моделювання, здійснювати збір необхідної інформації і розраховувати поставлену задачу в середовищі Excel.

3. Благодаря пониманию принципов работы оптимизационных задач обеспечивается способность анализировать готовые программы и определять уровень их качества.

Подобная подготовка будет развивать способность мыслить логически, принимать экономически выгодные решения, использовать и более сложные ЭММ в практической деятельности.

### *Список использованной литературы*

1. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.

2. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference «Kramar Readings» 2017. P. 155–158.

3. Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

4. Sklar O. G. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.

5. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. TDATU Scientific Bulletin. 2018. Issue 8. Vol. 2. Pp. 44–56.

6. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.

7. Винстон Уэйн Л. Анализ данных в бизнес-моделировании. Пер. с англ. М.: Издательство «Русская редакция», СПб., «БВХ-Петербург», 2015. 864 с.

8. Подашевская Е.И. Автоматизация построения оптимизационных моделей / III международная научно-практическая интернет-конференция «Современные инновационно-инвестиционные механизмы развития национальной экономики», Полтава, 27 октября 2016 г.

9. Подашевская Е.И., Исаченко Е.М. Актуальные вопросы совершенствования производства молока на примере СП «Унибокс» / Актуальные проблемы инновационного развития и кадрового обеспечения АПК: материалы VI Международной научно-практической конференции, Минск, 6-7 июня 2019 г. Минск: БГАТУ, 2019. С. 211-214.

10. <http://www.unibox.by>

УДК 378.033

## ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ АПК

Галенюк Г.А., ст. преп.,

Жилич С.В., ст. преп.,

Быкова О.С., магистрант

*Белорусский государственный аграрный технический университет, г.  
Минск, Республика Беларусь*

Первыми профессионально ориентированными дисциплинами при поступлении студентов в университет являются графические. Поэтому является чрезвычайно важным насколько они сразу смогут погрузиться в «Начертательную геометрию и инженерную графику», а затем в «Компьютерную графику». Успехи в освоении этих предметов служат базой будущей профессиональной компетентности и грамотности, так как невозможно представить себе специалиста, не владеющего графическим языком.

Эта ситуация сразу диктует задачи, которые необходимо решать при постоянно возникающих противоречиях между возрастающими требованиями к конкурентоспособности и профессиональной компетентности выпускников. А это, в свою очередь, диктует определенные требования к процессу и технологиям обучения.

Мы неоднократно отмечали, что дисциплины, изучаемые на кафедре, с одной стороны, являются фундаментальными, а с другой, открывают очень большие возможности для проявления профессионального творчества студентов и проведения аналогий из природных прототипов и артефактов, которые окружают нас повседневно [1,2]. Для студентов нашего университета это особенно актуально, так как их дальнейшая профессиональная деятельность непосредственно связана с окружающей средой, и те последствия, которые человек может и вызывает своей деятельностью, оказывают влияние на развитие, в конечном итоге, всего человечества. Никто так близко, как агроинженер, не связан напрямую с влиянием на окружающую среду, экологию и многие другие факторы.

При подготовке современных специалистов агропромышленного комплекса, необходимо учитывать, что сейчас происходит перестройка во всех сферах человеческой деятельности. А это, в свою очередь, влияет на те компетенции подготовки специалиста, которые должны получиться, так сказать, на выходе готового инженера. Естественно, что учебный процесс не может проходить, опираясь только на академические знания, которые студенты получают в стенах университета. Необходимо уделять внимание повышению уровня ориентации молодых

спеціалістів в проблемах сучасності, виробляють у них бажання і прагнення навчатися самостійно і додатково, вміти правильно сприймати ту інформацію, потоки якої зараз обрушуються на людей. І, що найважливіше, вміти самостійно приймати рішення. Наскільки це актуально, ми вже обговорювали, коли приводилися приклади безпосереднього впливу на навколишнє середовище, екологію і багатьох інших факторів і наслідків впливу спеціаліста агропромислового комплексу [3].

Сьогодні існує думка, що багато дисциплін втратили свою давню актуальність, що сучасні технології «заміняють» ручну, а також інтелектуальну працю людини. Але людина, особливо спеціаліст, який пов'язаний з сільським господарством, повинен реагувати на зміну погоди, технічних умов і багато інших факторів, які не можна передбачити або передбачити заздалегідь. Він повинен мислити креативно, де-то нестандартно.

Наша задача полягає в тому, щоб в час занять по навчальній геометрії і інженерній графіці розвивати здатності так мислити, привертати творчий підхід і рішення, підтримувати і направляти інтерес студентів в більш широкі рамки, ніж програма курсу. Майбутні спеціалісти агропромислового комплексу більш всіх повинні бути підготовлені до того, що артефакти і природа безпосередньо залежать одна від одної і поповнюються одні за рахунок інших.

В сучасному технічному світі не можна обійтися без вивчення і знання графічних дисциплін, вміння читати, розробляти і впровадити креслення і іншу технічну документацію, а також креативно мислити.

Агроінженер повинен засвоювати не тільки ту частину системи, яка необхідна для більш або менш успішної соціальної адаптації. Він, як креативна особистість в силу того, що енергетичний потенціал, а, відповідно, і потреба в інформаційному поглиненні у неї значно перевищує те, що може надати суспільство в готовому вигляді, так сказати, в вигляді напівфабрикатів, в певний момент перевищує стандартне ставлення до своєї професії, до виконуваної роботи і до життя взагалі.

Спеціалісти, вивчаючи феномен креативності, розглядають її, як виявлене при сприятливих умовах властивість особистості, притаманне кожному людині, і вимагає всебічного розвитку і розкриття. Креативна особистість виростає, вбираючи навколишнє середовище, і тому ніщо людське їй не чуждо, але жажда нового, іншого світу, який не бачать і не хочуть бачити більшість людей їй відкривається. Рано або пізно будь-яка креативна особистість народжує нові ідеї і втілює їх в життя, тим самим реалізуючи натхнення, отримане від навколишнього середовища в артефакти, якими потім

пользуются многие люди, даже не подозревая, что это сгенерировано у природы.

Развитие креативного мышления при изучении начертательной геометрии и инженерной графики обогащает воображение, расширяет знания, опыт и интересы, а также способствует воспитанию всесторонне развитой личности, что является самым главным результатом при обучении агроинженеров и всех специалистов.

**Список литературы:**

1. Галенюк, Г.А. Формирование и развитие пространственного мышления агроинженера путем геометрического анализа окружающей среды. Инновационные технологии в инженерной графике. Проблемы и перспективы: материалы междунар. науч.-практ. конф., Брест, 21-22 марта 2013 г.- Брест: БрГТУ. С. 24-26.

2. Галенюк, Г.А., Талерчик В.А., Быкова О.С. Развитие креативной функции агроинженера при изучении инженерной графики через окружающую среду. «Техсервис-2016»: материалы научн.-практ. конф. студентов и магистрантов. Минск, 2016 С. 239-242.

3. Галенюк, Г.А., Жилич С.В. Креативное мышление студентов с ориентацией на профессиональные компетенции. Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы междунар. научно-практ. конф., Минск 7-8 июня 2017 года/ М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь УО «Белорус. гос. аграрн. техн. ун-т», РО «Белагросервис/редкол.: Н.Н. Романюк и [др.]. Минск, БГАТУ, 2017. С.361-363.

**УДК 378.01:681.5**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УМЕНИЙ ПРИ ОСВОЕНИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ»**

Гуд А.В., ст. преп.,

Подашевская Е.И., ст. преп.,

Сапун О.Л., канд. пед. наук, доц.,

*Белорусский государственный аграрный технический университет г. Минск, Беларусь*

Одно из ведущих направлений модернизации системы образования – это приоритет исследовательского подхода к обучению, однако опыт практической работы показывает недостаточную сформированность соответствующих умений у студентов, что требует нахождения способов их формирования.



Для решения проблемы работа была разделена на три этапа.

1. Констатирующий этап – диагностика исследовательских умений студентов в процессе освоения учебной дисциплины «Системы автоматизированного проектирования».

2. Формирующий этап – организация работы по формированию исследовательских умений студентов в процессе освоения САПР.

3. Контрольный этап – анализ результатов исследования.

При рассмотрении темы учебного занятия «Выполнение инженерного анализа в подсистеме APM FEM» курса «Системы автоматизированного проектирования» для диагностики исследовательских умений был проведен эксперимент, в котором участвовало 40 студентов. Для экспертизы сформированности исследовательских умений разработаны карты наблюдения «Экспертная оценка исследовательских умений», состоящие из 10 критериев: умения видеть проблемы, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, давать определения понятиям, классифицировать, наблюдать, проводить эксперименты, делать выводы, структурировать материал, и защищать свои идеи. Каждому критерию соответствует по два показателя, определяющих уровень умения. Так, например, в «умении наблюдать» выделяют 1) «способность быстро реагировать на ошибки и неточности, допущенные преподавателем или другими студентами, и исправлять их» и 2) «способность замечать не только основные, но и второстепенные объекты и явления».

По каждому показателю выставлялась оценка: 1 балл – “никогда”; 2–3 балла – “редко”; 4–6 балла – “иногда”; 7–9 балла – “часто”; 10 баллов – “постоянно”. Результаты обработки карт наблюдения представлены в таблице 2.

Для диагностики эффективности учебно-исследовательской деятельности были использованы:

1) система уровневых работ, включающих задания по проверке исследовательских умений;

2) система исследовательских задач;

3) система допусков к лабораторным работам и отчетности по работам;

4) рекомендации для оценки результатов выполнения индивидуального учебно-исследовательского задания.

Решения учебного занятия приведены в таблице 2.

Для выполнения задач экспериментального исследования были сформированы две группы респондентов – экспериментальная (22 студента) и контрольная группы (18 студентов).

В экспериментальной группе использовались следующие методики: комплектация групп с учетом индивидуальных и психологических особенностей каждого студента, ориентировка на коллективную работу в группе, творческий поиск, использование современных образовательных методик и т.д.

В контрольной группе был применен традиционный подход: изучение темы от частного к общему, от простого к сложному, ориентировка на образец, применение репродуктивных методов обучения, индивидуальное выполнение заданий и т.д.

В двух группах активно применялись оболочки управления курсами Moodle; самостоятельная подготовка студентов по дисциплине учебного плана (подготовка УСРС), представленных на электронных носителях информации; проведение консультаций средства общения Skype, Mail.ru, Viber и т.д. На начало экспериментального исследования был проведен контроль (тестирование) полученных теоретических знаний по результатам учебной деятельности для данных специальностей в 7-ом семестре. Далее студенты выполняли подготовку по учебной дисциплине с применением технологии сотрудничества в экспериментальной группе и без ее применения – в контрольной. После проведения занятий с учащимися был проведен итоговый контроль. С целью проведения качественно-количественного анализа была использована процедура кросстабуляции, реализованная в системе STATISTICA 7.0. Абсолютные и относительные величины успеваемости до внедрения данной технологии с использованием программы STATISTICA 7.0 (таблица 1). На начало эксперимента значимость успеваемости у двух групп примерно одинакова.

Таблица 1

Результаты успеваемости на начало проведения эксперимента.

Группа	Неудовлетворительный	Удовлетворительный	Хороший	Отличный	Всего
1	4	13	3	2	22
	9,00%	28,00%	7,00%	4,00%	48,00%
2	4	9	3	2	18
	11,00%	26,00%	9,00%	6,00%	52,00%
Все группы	8	22	6	4	40
	20,00%	54,00%	16,00%	10,00%	

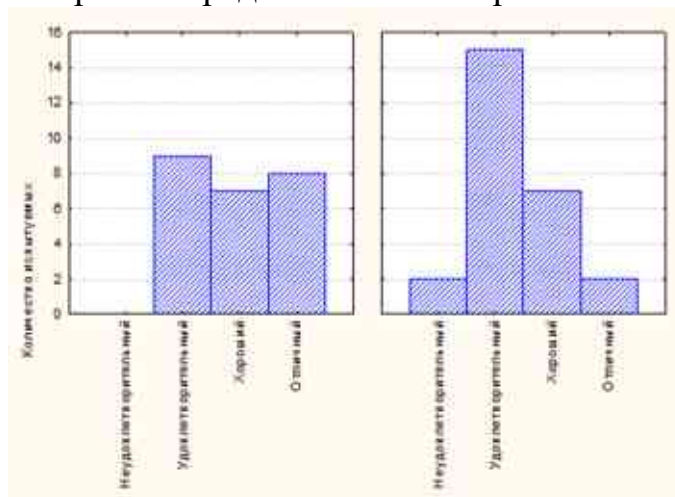
Абсолютные и относительные величины успеваемости после внедрения данной технологии с использованием программы STATISTICA 7.0 представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты успеваемости после проведения эксперимента

Группа	Неудовлетворительный	Удовлетворительный	Хороший	Отличный	Всего
1	0	9	6	7	22
	0,00%	18,00%	14,00%	16,00%	52,00%
2	1	11	5	1	18
	4,00%	30,00%	14,00%	4,00%	48,00%
Все группы	1	20	11	8	40
	4,00%	48,00%	28,00%	20,00%	

Полученные результаты свидетельствуют о том, что после окончания исследования значимость успеваемости в экспериментальной группе 1 возросла. Количество студентов в группе 1 с уровнем «отлично» составляет 7 человек, что на 6 человек больше, чем в группе 2. Также нужно отметить, что после внедрения технологии сотрудничества в учебный процесс в экспериментальной группе не стало оценок с уровнем «неудовлетворительно». Данные результаты, которые получены после экспериментального исследования были отражены в категоризованной гистограмме представленной на рис. 1.



**Рис. 1. Гистограммы по успеваемости на конец проведения эксперимента по учебной дисциплине «Системы автоматизированного проектирования»**

Таким образом, проведенная опытно – экспериментальная работа 3 по формированию исследовательских умений студентов позволяет сделать вывод о том, что выявленные нами и реализованные педагогические условия являются эффективными.

#### **Список использованной литературы**

1. Быков, А.К. Методы активного социально-психологического обучения: учебное пособие. М.: ТЦ Сфера, 2015. 160 с.
2. Залуцкая Г. Ф. Формирование исследовательских умений обучающихся как одно из условий профессиональной подготовки будущих специалистов // Молодой ученый. 2016. №10. С. 1222-1226.
3. Инновационная педагогика: учеб. пособие / Сост. : С.А. Хахомов [и др.]. Минск : МГИРО, 2014. 202 с.
4. Лапыгин, Ю.Н. Методы активного обучения. Люберцы: Юрайт, 2016. 248 с.
5. Матяш, Н.В. Методы активного социально-психологического обучения. М.: Academia, 2019. 200 с.
6. Степанов, Е.Н. Личностно-ориентированный подход в работе педагога: разработка и использование. М.: ТЦ Сфера, 2013. 128 с.
7. Штроо, В.А. Методы активного социально-психологического обучения. Люберцы: Юрайт, 2016. 277 с.

УДК 378.018.43

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ

Галенюк Г.А., ст. преп.,

Жилич С.В., ст. преп.,

*Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь*

Переход от традиционной формы обучения к дистанционной, безусловно, сказался небольшим стрессом, как для студентов, так и для преподавателей, особенно более старшего возраста. Подобный переход за такой короткий срок без технических и организационных проблем сделать практически невозможно. Однако, благодаря тому, что руководство университета разрешило преподавателям вести занятия с помощью той платформы, которую они знали, в целом можно оценить переход на дистанционное образование как успешный, учитывая сроки и стрессовую ситуацию пандемии. Именно это сыграло существенную роль в быстром переходе на дистанционное обучение: преподавателям не нужно было тратить время на изучение незнакомого сервиса и размещение контента в нем.

При дистанционном обучении легко преподавать предметы, связанные с информационными технологиями. Также легко доносить до слушателя базовые профессиональные компетенции, связанные с решением стандартных задач, для которых возможно организовать автоматическую проверку. К сожалению, дисциплины с практическими и лабораторными работами, для которых требуется оборудование, перевести на дистант нельзя [1].

Белорусский государственный аграрный технический университет применяет технологии дистанционного обучения на базе платформы Moodle. Студенты и преподаватели взаимодействуют с помощью технологий, которые позволяют ежедневно проводить занятия, контролировать их выполнение и посещаемость. Помимо Moodle, преподаватели используют и свои методы дистанционного обучения с учётом особенностей учебной дисциплины. Например, некоторые старшие преподаватели кафедры инженерной графики обмениваются со студентами сообщениями в групповом чате ВКонтакте, лично консультирует в Viber и WhatsApp [2]. В дальнейшем планируется пробное внедрение бесплатного голосового и текстового чата Discord, который позволяет подключать одновременно 20 человек и более, общение проходит в реальном времени, удобно отвечать на вопросы, проводить демонстрацию слайдов. По инициативе студентов преподавателями были рассмотрены возможности голосовых и видеосообщений при работе в группе

на різних платформах: Instagram, Telegram, Viber, Skype. Руководством факультетов были проведены обучающие семинары по работе в приложении Zoom. Нам эти знания пригодились, чтобы выстроить общение онлайн. Современные технологии позволяют не только выдать студенту необходимый объём информации, но и проверить полученные знания. Фото выполненных заданий – вместо личной проверки, видеозапись или аудиозапись – вместо устного прослушивания. Контроль освоения материала по лекциям и практическим работам преподаватели принимают в виде тестов, контрольных вопросов, эссе, рефератов и опросов в онлайн-конференциях. Работы можно отправлять преподавателю любым доступным способом, ограничений никто не устанавливает. Дистанционное обучение – это возможность расширить свой преподавательский опыт и подойти к процессу творчески.

По мнению студентов, дистанционное обучение удобно и мобильно, но, безусловно, оно требует самостоятельного распределения времени, силы воли и большего усердия. Ребята отмечают, что очного общения с преподавателями и одногруппниками оно всё-таки не заменит.

Даже на расстоянии студенты не просто выполняют задания, а взаимодействуют с преподавателем.

В рамках модульно-рейтинговой системы обучения планируется и сдача очередного модуля, для подготовки к которому обучающимся необходимо будет самостоятельно познакомиться с инженерными нормативами и ГОСТами. Ребята подчеркнули, что эти знания пригодятся при написании курсовых и дипломной работ. «А то, что пришлось самим всё искать, а не получать от преподавателя в готовом виде — тяжелее, но даже лучше, так как, проявляя личную инициативу, ты сам разбираешься и больше запоминаешь».

Дисциплинированность студентов, конечно, чуть ниже, чем на очной форме, ведь дома намного сложнее заставить себя работать. Отдельно хочется отметить, что современные средства общения дают и преимущества. Например, не приходится несколько раз выдавать отстающим студентам один и тот же материал, достаточно переслать сообщения, в которых обсуждалась данная тема или аналогичный вопрос.

Но следует отметить, что и ограничений у дистанционного обучения достаточно.

Во-первых, нельзя полноценно провести лабораторные и практические работы. Те, где надо руками покрутить микроскоп, или, например, посчитать зёрна металла, смешать жидкости. Сварщик, чтобы стать специалистом, должен сжечь пару трансформаторов — а по Zoom это невозможно. Практические умения — важнейшая часть высшего технического образования, дистанционно их получить нельзя.



Во-вторых, трудно провести полноценную групповую работу, отсутствует живое общение, непосредственный контакт преподавателя и студента.

В-третьих, сложно на расстоянии способствовать формированию личности, ценностей, мироощущения студента. Академическая среда, студенческая жизнь, творчество, спорт – всё это выпадает из обучения.

Человек в университете получает не только знания, но и навыки общения, взаимодействия, ведения конфликтов и их разрешения, в общем, то, что сейчас называют soft skills. Без них подготовка хорошего специалиста невозможна.

В сухом остатке ответ о будущем дистанционного обучения таков: это мощный инструмент повышения эффективности, который должен гармонично сочетаться с очным обучением. БГАТУ частично влился в процесс дистанционного обучения. Сейчас вуз продолжает искать и находить собственные актуальные решения, задаёт тон в том, как будет выглядеть дистанционное образование, когда пандемия пройдёт. В результате студенты получают возможность учиться, когда и где им удобно. Однако вряд ли это будет проще, так как онлайн обучение требует навыков самоорганизации. Кроме того, стоимость разработки качественных онлайн курсов, включающих практические интерактивные тренажеры и симуляторы, достаточно высока. Для реализации такого подхода необходимо сетевое взаимодействие между университетами, чтобы все использовали курсы друг друга. Однако такие механизмы сейчас только в процессе активной апробации.

#### ***Список литературы:***

1. Шпилько К.А., Ганебный А.Ю., Жилич С.В., Галенюк Г.А. Особенности изучения графических дисциплин в условиях дистанционного обучения. Техсервис-2020: Сборник материалов науч.-практ. конф. Студентов и магистрантов, Минск, май 2020г.: / Белорус. гос. аграр. техн. ун-т; С.284-287.

2. Жилич С.В., Галенюк Г.А., Ганебный А.Ю., Шпилько К.А. Пути повышения результативности изучения графических дисциплин студентами технического ВУЗа в условиях графической компьютеризации. Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сборник трудов Международной научно-практической конференции, 24 апреля 2020гола, Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация /отв. ред. О.А. Акулова. Брест: БрГТУ, 2020. с. 118-120.

УДК 377.35

**ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОННОМУ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОМУ КОМПЛЕКСУ КАК СРЕДСТВУ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННО-ПРЕКТИРОВОЧНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА**Якубовская Е.С.<sup>1</sup>, ст. преп.,Молчан Л.Л.<sup>2</sup>, к.пед.н., доцент<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь<sup>2</sup>Республиканский институт профессионального образования, Минск, Республика Беларусь

В условиях внедрения и эксплуатации высокотехнологичных производств возрастает роль инженера как специалиста-инноватора, способного проектировать, внедрять и обслуживать современные интеллектуальные технические системы. Усиление инновационной составляющей в современной профессиональной деятельности инженера обуславливает дополнительные требования к выпускнику технического университета, совокупность которых можно обозначить как компетентность в сфере инновационной деятельности. Формирование инновационных умений определяется также уровнем овладения технологией современного инженерного проектирования в процессе подготовки в университете и специальной методикой подготовки обучающихся к профессиональной деятельности в условиях инновационного развития производства. Полноценная реализация такой методики требует поддержки современными дидактическими средствами, в первую очередь, это электронный учебно-методический комплекс.

Согласно [1] ЭУМК – это УМК, выполненный в электронном виде. При реализации в электронном виде по сложности исполнения ЭУМК можно разделить на: простые ЭУМК — текстографические (в этом случае текст и иллюстраций представляются на экране компьютера); гипертекстовые ЭУМК (отличаются наличием ссылок на логически связанный текст); ЭУМК, представляющие собой видео или звуковой фрагмент, мультимедиа ЭУМК (включающие в себя тексты, иллюстрации, видео, звук и другие цифровые возможности) [2]. Опыт разработки и внедрения ЭУМК в БГАТУ, говорит о том, что последние ЭУМК наиболее эффективно использовать, но требует больших затрат на разработку и поэтому доля их в общем объеме не велика.

Структурно ЭУМК состоит из теоретического раздела, который обычно содержит теорию в объеме, установленном учебными планом и программой; практического раздела, включающего материалы для

проведення лабораторних, практичних и иных учебных занятий практической направленности; раздела контроля знаний.

Построение ЭУМК должно отвечать общим принципам, среди которых выявлены принципы целостности, детерминирования, модульности, комплексности, вариативности [3, с. 17]. Однако, ЭУМК как средство формирования профессиональной компетентности, обеспечивающей инновационный компонент проектировочной деятельности будущего инженера, имеет и специфические особенности. Поскольку сформировать инновационный компонент проектировочной деятельности целесообразно средствами нескольких учебных дисциплин, ЭУМК должен легко встраиваться в содержание учебных дисциплин. ЭУМК должен быть направлен на активизацию деятельности студентов на всех этапах усвоения учебного материала, что возможно при наличии специального комплекса учебных задач и ситуаций, реализованных, например, с помощью электронного тренажера. УМК должен обладать полнотой и целостностью дидактического цикла, т.е. включать средства закрепления и оценки (самооценки) нового материала. Самоконтроль может использоваться для оценки усвоения теоретического и практического материала, а также промежуточного контроля (модули). Кроме того, необходимо обеспечить возможность выбрать маршрут и уровень усвоения материала. В этом случае использование ЭУМК будет более эффективным.

Таким образом, эффективным средством формирования инновационного компонента проектировочной деятельности будущего инженера является ЭУМК, отвечающий, как общим принципам построения, так и имеющий специфические особенности. Он должен быть направлен на наиболее полное включение технологии инженерного проектирования в учебный процесс, активизацию деятельности студентов на всех этапах учебного проектирования, увеличение доли самостоятельности, самоконтроля, самооценки и рефлексии. Эффективность ЭУМК достигается тем, что он обеспечивает глубокое усвоение знаний, умений, способов действий, формирует устойчивую мотивацию к профессиональной деятельности в вопросах проектирования инноваций, полноту и целостность дидактического цикла и возможность вариативного использования.

#### ***Список использованной литературы***

1. Положение об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утв. постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26.07.2011, № 167
2. Основы разработки электронных образовательных ресурсов. URL: <http://intuit.ru>. Дата доступа: 1.04.2018
3. Учебно-методический комплекс: модульная технология разработки: учебно-методич. пособие / А. В. Макаров, З. П. Трофимова, В. С. Вязовкин, Ю. Ю. Гафарова. Минск: РИВШ БГУ, 2001. 118 с.

УДК 377.35

**ИННОВАЦИИ В ФИЗИЧЕСКОМ ВОСПИТАНИИ СТУДЕНТА**

Рослик Ж.П., старший преподаватель,  
Фомина Т.В., старший преподаватель,  
Старовойтова Ю.В., старший преподаватель  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Инновация в области физической культуры – это внесённое нововведение, которое обеспечивает качественный рост эффективности процессов, которые востребованы в области физической культуры и спорта.

Основа повышения эффективности обязательного физического развития детей заключается в использовании различных инновационных технологий, которые позволяют сделать свободный выбор занимающимися физической активностью, её виды, формы, показатели нагрузки и лично приемлемого уровня планируемых результатов при обязательном выполнении определенных образовательных стандартов.

Научно-технологическая суть инноваций в физическом воспитании заключается в приоритетной направленности содержания педагогического процесса в общеобразовательной школе на усвоении занимающимися интеллектуальных, нравственных, поведенческих, мобилизационных, двигательных, коммуникативных, здоровье-сберегающих и здоровье формирующих ценностей физической культуры опираясь на различные научные открытия, достижения и инновации мировой культуры спортивной подготовки. Занятия физическими упражнениями несут в себе большое воспитательное значение – они способствуют развитию настойчивости, укреплению дисциплины, повышению чувства ответственности в достижении поставленной цели.

**Основная часть.** Самой актуальной проблемой в физическом воспитании является низкий уровень физического здоровья и физической подготовленности студентов. Согласно многим исследованиям, студенты часто выражают негативное отношение к занятиям физической культурой. Это свидетельствует о том, что физическая культура как часть общей культуры личности у студентов не сформирована.

Практика свидетельствует, что не все студенты основной группы выполняют нормативы рабочей программы, часть обучающихся относится к специальной медицинской группе, около трети студентов вообще освобождены от практических занятий по состоянию здоровья.

Низкий уровень физической подготовленности, недостаток системных знаний по физической культуре связаны с отсутствием преемственности физического воспитания обучающихся в средней школе и вузе. Часто «отсутствие интереса у студентов связано с недостаточным профессионализмом преподавателей физической культуры», которым необходимо владеть современными педагогическими интерактивными технологиями обучения и активно применять их на практике [1].

Физическое воспитание является органической частью системы комплексного формирования личности. При этом оно должно выступать как «воспитание через физическое, а не как часто воспринимаемое «воспитание физического». Это означает, что физическое воспитание нельзя ограничивать лишь его двигательным компонентом, влияющим на формирование физических качеств и оптимизацию физического состояния. Создавшиеся противоречия между пониманием необходимости формирования физической культуры личности и недостаточно разработанной педагогической системой реализации этого процесса во многом предопределили критическую ситуацию, сложившуюся в современной системе физического воспитания [2].

Рассматривая физическую культуру как важнейший элемент социальной культуры, мы считаем, что основные направления его модернизации должны строиться на воздействии на познавательную, эмоционально-волевую и мотивационную сферу детей, подростков и молодежи, а также через освоение ими всего многообразия ценностей физической и спортивной культуры [3].

В целом, инновационное образование – это процесс образовательной и учебной деятельности, который позволяет стимулировать и проектировать новый тип деятельности общества.

В настоящее время традиционное образование относят к репродуктивно-ориентированному, т.е. связанному с трансляцией знаний. Роль педагога при этом носит стандартный, предметно-технологический характер.

Инновационные технологии обучения имеют следующие направления:

«активизация познавательной деятельности» – студент получает информацию от педагога в готовом виде. Характер обучения пассивный, нет элементов творчества, нет самостоятельности. При таком направлении студент приобретает знания и навыки без использования их на практике [4];

«интерактивные технологии обучения» – ориентированное направление в обучении. Концентрация на студенте как на формирующейся личности, которая может самовыражаться,



самореалізовуватися. Основа даної технології – особистісно-орієнтоване взаємодія студента і викладача [5].

Назначення ж інноваційної освіти є суспільно орієнтованим напрямком, який забезпечує творчий і продуктивний характер навчальної діяльності. А зміст освіти сприяє германізації освіти в відповідності з інтегруванням нових навчальних предметів. При цьому педагог виконує функції керівника, організатора, співучасника навчального процесу, а сам процес освіти побудований як діалог [6].

**Висновок.** Нововведення, або інновації, характерні для будь-якої професійної діяльності людини, і тому вони стають предметом вивчення, аналізу і впровадження. Інновації виникають в результаті наукових досліджень, аналізу і узагальнення передового педагогічного досвіду.

Як правило, інновації виникають в результаті спроб вирішити традиційну проблему новим способом, в результаті тривалого процесу накоплення і осмислення фактів, коли і народжується нове якість, несуче новаторський зміст.

Більшість сучасних інновацій знаходяться в преемстві зв'язі з історичним досвідом і мають аналоги в минулому. Це дає підставу стверджувати, що інноваційний процес – це мотивований, цілеспрямований і свідомий процес створення, освоєння, використання і поширення сучасних (або оновлених) ідей (теорій, методик, технологій і т.п.), актуальних і адаптованих для даних умов і відповідних певним критеріям. Він спрямований на якісне покращення системи, в яку вноситься новизна, і передбачає стимулювання її учасників і зміну їх поглядів з позиції нововведення. В основі інноваційних освітніх процесів лежать дві найважливіші проблеми педагогіки: проблема вивчення педагогічного досвіду і проблема доведення цього досвіду до практики.

Інновації в системі фізичного виховання навчальних закладів є функціональною потребою педагогів освітніх закладів. Використання інноваційних технологій в фізичному вихованні – це в першу чергу творчий підхід до педагогічного процесу з метою підвищення інтересу до занять фізичною культурою і спортом. Це головна мета, до якої ми прагнемо в зв'язі з задачею підвищення рівня процесу освіти для збереження здоров'я.

### *Список використаної літератури*

1. Бака Р. Регіональні особливості формування фізичної культури студентів / Роман Бака. СПб.: Стратегія майбутнього, 2010. 140-165с.

2. Педагогика физической культуры и спорта: учебник/ под.ред. С.Д. Неверковича. М.: Физическая культура.2005.
3. Педагогика №4, 2004: Периодическое издание / В.С Лазарев, Б.П Мартиросян. Педагогическая инноватика: объект, предмет и основные понятия. С. 12-14.
4. Иванов Г.Д. Физическое воспитание студентов. / Г.Д. Иванов, А.К. Кульназаров. Алматы, 2011. 146-150с.
5. Инновационные разработки в спорте высших достижений, URL: <http://fitnesburg.ru/ivanovi/364-innovatsionnye-razrabotki-v-sporte-vysshihdostizheniy>.
6. Инновационные технологии в физическом воспитании студентов, URL: [https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/12832/1/ziso\\_2016\\_041.pdf](https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/12832/1/ziso_2016_041.pdf).

**УДК 004:631.15**

## **ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО СПЕЦИАЛИСТА НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Сапун О.Л., *к.пед.н., доцент,*

Сырокваш Н.А., *ст. преподаватель*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Одним из необходимых условий внедрения инновационной экономической модели является наличие специалистов, способных к разработке, адекватному восприятию, поддержанию, технологическому сопровождению и внедрению в практику инновационных идей и разработок. Именно система образования, в целом создавая и поддерживая в обществе ориентацию на ценность инновационной деятельности и инновационного мышления, должна обеспечить производство и воспроизводство кадров, способных к осуществлению определенных функций в общегосударственном процессе создания инновационного климата в стране. Актуальной задачей является развитие системного подхода в существующих образовательных программах, связанных с инновационными технологиями. Всесторонняя информатизация образования рассматривается как необходимое условие прогрессивного общественного развития. Она подразумевает коррекцию содержания образования в соответствии с требованиями научно-технического прогресса. Использование информационных технологий в образовательном процессе значительно расширяет возможности

преподавателя, предоставляя большую свободу для творческого поиска новых методов и приемов обучения, повышает мотивацию обучающихся, обеспечивает сочетание аудиторной и внеаудиторной работы на интерактивной основе, что в свою очередь способствует улучшению качества подготовки учащихся.

«Центральным вопросом теории обучения с компьютером является вопрос об организации эффективного взаимодействия учащихся с компьютерной учебной программой, в результате которого (или под влиянием, которого) у них формируются знания, умения и навыки в нужном объеме».

В современной практике высшего образования становится все более актуальной потребность в поиске новых подходов. Одним из таких подходов является создание электронных учебных курсов. Одним из критериев создания электронного учебного пособия является соблюдение принципа доступности и посильности обучения. Вопросы для самоконтроля, тесты, типовые задания и контрольные работы позволяют студентам самим оценивать свои знания. Использование электронного пособия, в структуру которого заложена «пошаговая» технология обучения, способствует успешному формированию умений и навыков практического владения дисциплиной в рамках программы, что доказано в процессе апробации в системе дистанционного обучения кафедры экономической информатики.

Одна из задач обучения состоит в том, чтобы научить и приучить студента, слушателя самостоятельно работать с учебной литературой (а затем технической литературой и научной книгой), в частности с электронной.

В УО «БГАТУ» это происходит на примере ЭУМК. Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) – совокупность учебно-методической документации, средств обучения и контроля знаний обучающихся. ЭУМК должен включать в себя полную информацию, достаточную для прохождения дисциплины и успешной сдачи контроля по комплексу.

Основная цель разработки ЭУМК – создание информационно-образовательной среды, использование которой позволит существенно повысить эффективность процесса обучения на дневной, заочной, а также дистанционной форме обучения.

Существуют два полярных взгляда на структуру учебно-методического комплекса: а) основу комплекса составляет учебник с дополняющими его пособиями; б) комплекс содержит равноправные компоненты, которые лишь в сумме равны учебнику.

В УО «БГАТУ» ЭУМК разрабатываются на платформе Moodle. Разработка ЭУМК на платформе Moodle предоставляет большие возможности для самообразования, самореализации и саморазвития

учащихся, которые могут создавать и размещать собственные страницы, презентации и другие элементы комплекса.

При разработке ЭУМК выбрана модульная структура. Модульное построение обусловлено рядом преимуществ: четкостью в структурировании и подаче материала, быстротой и удобством в навигации и возможностью в динамическом режиме иллюстрировать учебный материал конкретными примерами. Структурными компонентами каждого модуля могут являться: текстовая страница, веб-страница, книга, пояснение, рабочая тетрадь, лекция, глоссарий, форум, чат, упражнение, тест, Wiki и вебинар.

Электронный учебно-методический комплекс обеспечивает работу в интерактивном режиме, что позволяет быстро и легко переходить от одной темы к другой, возвращаться к уже пройденному материалу, делать заметки и пояснения. Кроме того, учащийся может получить необходимую справку, комментарий, просмотреть мультимедийные ресурсы, быстро найти интересующую информацию в комплексе или сети Интернет, обмениваться сообщениями с преподавателем и другими учащимися, используя средства электронного комплекса (чат, форум), электронную почту, сервисы обмена мгновенными сообщениями и др. [1].

Главное отличие электронного учебно-методического комплекса от обычного электронного учебника в том, что преподаватель имеет возможность постоянно обновлять материал, вносить коррективы и обучать студентов, слушателей, как на практических занятиях, так и дистанционно. Отличие ЭУМК от традиционных учебников состоит в наличии свободного доступа к таким элементам мультимедиа, как таблицы, графики, схемы, рисунки, аудио-, фото- и видеоматериалы, интерактивные элементы, а также в возможности в любой момент внести изменения, исправления и дополнения в уже разработанный курс. Кроме того, мультимедийные программы одновременно стимулируют у обучаемых несколько каналов восприятия информации, что положительно сказывается на результатах обучения.

По мере накопления образовательных информационных ресурсов, в ближайшем будущем современные технологии займут достойное место в образовательном процессе, и станет возможным формирование на их основе разного уровня программ подготовки и переподготовки специалистов различных уровней. Создание ЭУМК на платформе Moodle, а также её использование для дистанционного обучения, позволяет сделать выводы о перспективности и эффективности процессов повышения качества профессионального образования студентов.

В заключение отметим, что по мере накопления образовательных информационных ресурсов современные подходы и технологии займут достойное место в образовательном процессе, и станет возможным

формирование на их основе разного уровня программ подготовки и переподготовки специалистов. Таким образом, основной задачей инновационной деятельности ВУЗа в современных условиях является преобразование вуза в центр, координирующий инновационную деятельность.

### ***Список использованной литературы***

1. Сырокваш, Н.А. Формирование современного специалиста с использованием информационных технологий //Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сб. статей IV Международной научно-практической конференции, 21-22 марта 2019 г. Минск, БГАТУ, 2019. С. 417-419

**УДК 372.862**

## **ПРОЕКТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ИННОВАЦИОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ АПК**

Алисеенко Д.С., магистр пед. наук,  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Постановка проблемы.** Агропромышленный сектор представляет собой одну из основных жизнеобеспечивающих областей деятельности человека, обуславливая как продовольственную безопасность государства, так и экономическую, политическую, социальную составляющие стабильности общества, его устойчивого развития. АПК выступает в качестве одного из важнейших интеграционных компонентов экономики Республики Беларусь. Согласно статистическим данным, его доля в валовом внутреннем продукте составляет 7,8%, а экспорт 17,0% от его общего объема в стране [1].

В XXI веке сельское хозяйство поднялось на новый технологический и технический уровень развития. Специалисты агроинженерии в развитых зарубежных странах применяют новейшие аграрные технологии, относящиеся к шестому технологическому укладу. Модернизация АПК Республики Беларусь видится в его инновационном пути развития, что предполагает принципиально иное кадровое обеспечение аграрной сферы по опережающим направлениям. Главным адресатом совершенствования системы подготовки специалистов АПК выступает агропромышленный сектор экономики Республики Беларусь.



**Основные материалы исследования.** В Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) сформирована модель предпринимательского университета 3.0, которая затрагивает наряду с образовательной и научно-исследовательской сферами деятельности также и область инновационного предпринимательства.

Научно-технологический парк БНТУ «Политехник» является первым технопарком, получившим статус субъекта инновационной инфраструктуры Республики Беларусь и отвечающим за формирование предпринимательских компетенций обучающихся. На базе данного технопарка будущие инженеры могут реализовать инновационные бизнес-проекты [2, С.15].

В 2019 году БНТУ выступил в качестве первого университета Республики Беларусь, который предоставил гранты победителям конкурса стартапов с целью их последующего развития в рамках технопарка. Студенты, одержавшие победу в данном конкурсе, были обеспечены отдельным офисом в технопарке и доступом в лабораторию быстрого прототипирования «Фаблаб». Предполагалось, что в течение года при поддержке технопарка студенты смогут кардинально продвинуть свои бизнес-проекты, и в случае их успешной реализации создать собственные предприятия. На нынешний момент технопарк БНТУ насчитывает 20 инновационных предприятий.

Подобный опыт трансформации университета, ориентированный на объединение образовательной, научной и инновационной предпринимательской деятельности, может использоваться и другими вузами Республики Беларусь при подготовке кадров для АПК.

Становление конкурентоспособных специалистов агротехнического профиля, способных к инновационной деятельности, должно носить практико-ориентированный, деятельностный характер, интегрируя три сферы – высшее аграрное образование, науку и сельскохозяйственное производство. Предпосылкой к этому является применение в образовательном процессе проектных технологий.

Использование передовых агротехнологий, относящихся к шестому технологическому укладу, предполагает вовлечение будущих инженеров совместно с преподавателями в работу над проектами в соответствии с социальными заказами АПК. При этом технология проектного обучения будет строиться на применении метода кейсов, построенных с учетом конкретных производственных ситуаций, имеющих место в агропромышленной сфере.

Будущие специалисты агроинженерии в процессе создания проекта аккумулируют передовой зарубежный и отечественный опыт управления сельскохозяйственным производством, объединяя в своей деятельности новейшие научно-технические достижения.

Проектные технологии построены на принципах междисциплинарной интеграции, предполагая актуализацию у обучающихся ресурса

взаимодополняющих знаний, умений и навыков по широкому спектру изучаемых дисциплин.

Следует также отметить, что работа над проектом предоставляет будущим специалистам АПК возможность управлять всеми фазами жизненного цикла сложных технологических и технических агросистем. Помимо этого, в ходе проектной деятельности студенты осваивают навыки продвижения собственного инновационного продукта на аграрном рынке и его коммерциализации.

Включение будущего инженера в решение профессиональных задач в процессе работы над проектом и обобщаемость конечных результатов деятельности будут также содействовать расширению его мотивационно-ценностных ориентиров в выбранной профессии, что позволит ему в дальнейшем плодотворно работать в агропромышленной области на благо общества и способствовать повышению эффективности функционирования АПК.

По окончании разработки проекта обучающиеся представляют его в виде презентации заказчику. Освоение проектных технологий предполагает активное взаимодействие будущих специалистов с представителями предприятий АПК и агробизнеса, которые и формируют заказы в рамках инновационных проектов. Налаживание устойчивых коммуникаций между аграрным университетом, наукой и сельскохозяйственным производством будет способствовать решению проблемы подготовки специалистов агротехнического профиля в высшей школе, отвечающих вызовам современности.

**Выводы.** Таким образом, устойчивое развитие Республики Беларусь, повышение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции детерминированы перспективами роста АПК, что напрямую обуславливает модернизацию системы аграрного образования. Такое образование должно отвечать требованиям времени и отличаться опережающим характером, будучи направленным на разработку инновационных проектов, которые предвосхищают современный уровень развития аграрной сферы.

#### ***Список использованной литературы***

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник. Минск, 2019.
2. Алексеев Ю. Г., Дудко Н. А. Университет 3:0: методические подходы к управлению научно-инновационным развитием / Ю. Г. Алексеев, // Цифровая трансформация. 2018. Вып. 3. С. 14 – 19.

## UDC 631.1

### THE USE OF DRONES IN AGRICULTURE

Deinega A.O., 2 year student

Goroshchenia Z.M., senior teacher, scientific adviser

*Belarusian state agrarian technical university, Minsk, Belarus*

**Introduction.** With the world supply at an all-time high and commodity prices at an all-time low as a result of increasing demands in food production and consumption, the modern farming industry is at a crossroads. There is a greater need than ever before for farmers and agronomists across the globe to improve resource management in response to tightening budgets, while the “farm to fork” movement has seen rising pressure for enhanced product traceability, as consumers become more interested in the origin of the goods they purchase and how they were grown.

**Body.** Furthermore, climate change continues to create new layers of complexity for the agriculture industry in protecting the security of the supply chain. Rapidly evolving environmental conditions further exacerbate these challenges, and the latest figures show that the overall loss to agriculture across Europe from climate change could be as high as 16% by 2050. Indeed, optimizing sustainability credentials to minimize the impact on the health and well-being of the public and the planet will remain a priority, particularly as enhanced sustainability measures could also provide additional economic benefits by enabling agriculture professionals to focus their resources and efforts more effectively.

A landmark report published by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) states that sustainable land management could be key to reversing the impact of climate change on land degradation – a significant consequence of human and agricultural activity and extreme weather conditions, in which the quality of land and soil is polluted or degraded. The report claims that this could provide “cost-effective, immediate and long-term benefits”. With this in mind, it is crucial that farms change how they operate to not only mitigate the effects of climate change, but to protect themselves against economic loss.

To balance feeding the planet with reducing global emissions, ambitious plans have been put in place. The U.K.’s National Farmers’ Union (NFU), for example, has outlined its goal of making British agriculture carbon neutral by 2040, with the introduction of a range of measures to improve land management, increase farming efficiencies, and boost the wider bio economy. Although there is no single answer to the problem, the NFU has advocated working “smarter” to cut direct pollution from farming, by delivering the same value with fewer emissions.

Precision agriculture practices, which can help farmers make better informed decisions, have evolved significantly over recent years, with the global market now estimated to reach \$43.4 billion by 2025. While drones, also known as unmanned aerial vehicles (UAVs), have not yet made it into the mainstream agriculture space, they are playing an increasingly important role in precision farming, helping agriculture professionals lead the way with sustainable farming practices, while also protecting and increasing profitability.

The use of global positioning system (GPS) technology, together with geographic information system (GIS) tools, form a large part of these precision agriculture practices allowing fine-scale monitoring and mapping of yield and crop parameter data within fields. These provide more intense and efficient cultivation methods, which can help farmers adjust fertilizer prescriptions or identify crop diseases before they become widespread. With more data at their fingertips, farmers can make decisions based on economic and environmental factors – for example, by optimizing fertilizer treatment and applying only the right amount at the right time, significant cost and environmental savings can be made.

The use of drones in the agriculture industry is steadily growing as part of an effective approach to sustainable agricultural management that allows agronomists, agricultural engineers, and farmers to help streamline their operations, using robust data analytics to gain effective insights into their crops. Crop monitoring, for example, is made easier by using drone data to accurately plan and make ongoing improvements, such as the use of ditches and evolving fertilizer applications. Products can be accurately traced from farm to fork using GPS locations for every point in the journey, rather than more traditional time and labor-intensive data collection.

UAVs are particularly useful for the careful monitoring of large areas of farmland, considering factors such as slope and elevation, for example, to identify the most suitable seeding prescriptions. The technology has also proven useful in gaining an extensive overview of plant emergence and population, as more accurate data can help with replanting decisions, as well as thinning and pruning activity and the improvement of crop models.

Crucially, the high-resolution nature of drone data can be used to assess the fertility of crops, allowing agricultural professionals to more accurately apply fertilizer, reduce wastage, and plan – and troubleshoot – irrigation systems. The technology can also be particularly effective following natural disasters, such as a flood, to help farmers to assess damage across terrains that may not be readily accessible on foot.

The potential for UAVs in the improvement of sustainable agriculture is huge. Already the agriculture drone market is predicted to be worth US\$32.4 billion – an indication that the industry is beginning to recognize the benefits over more traditional methods, such as ground mapping.

Given the extensive terrain that requires surveying, drones offer increased efficiency, allowing users to capture high-resolution imagery more quickly than alternative methods. Particularly in these volatile market conditions, estimating annual yield can help guide decision-making and manage expectations. In addition, UAVs are now seen as a safer option for mapping difficult areas, such as uneven or expansive fields, that can be hazardous for operators – particularly compared to terrestrial techniques, which must be carried out on-foot.

Where satellites and manned aircrafts have traditionally been used to monitor agriculture, UAVs are quickly becoming recognized as a more accurate and cost-effective replacement. Studies have shown that drone imagery provides a higher rate of accuracy and resolution – even on cloudy days. While using traditional terrestrial approaches to collect data in challenging weather conditions could potentially delay projects for days, accurate crop health assessments can be made throughout the year using UAVs.

The cameras on satellites and manned aircrafts have also historically been insufficient to map fields clearly, making it impossible to gain an exact picture of plants. In contrast, UAV technology provides users with an accurate picture of the different plant parts – even allowing the early identification of pests and diseases. Historically, processing these high-quality images took longer than ground mapping and satellite methods, however thanks to new software solutions, the processing time has been reduced to only a few minutes. This means it can be carried out while still in the field, allowing evidence-based decisions to be made immediately and data to be directly inputted into precision farming equipment, considerably speeding up the process. Once farmers have decided to employ drones in agricultural management, there are several factors to consider before investment. Rotary drones and fixed-wing drones are two types of UAVs that each bring distinct advantages. A rotary system, such as a quadcopter or multicopter, is ideal for mapping and inspecting small areas, thanks to its ability to take high resolution imagery at closer range, using mm per pixel. The take-off and landing area can also be very small, which suits more urban areas. In contrast, a fixed-wing drone is often more suitable and beneficial for agricultural applications, where mapped areas are usually large and take-off and landing space is not limited. Its endurance and high cruising speed allows a greater area of land to be mapped up to 2.6x faster, with an object resolution of cm/inch per pixel, and users also benefit from its ability to withstand high wind resistance – an important factor when mapping large areas of open land – as well as reduced labor costs.

In addition to the choice of device, agricultural professionals must also consider the benefits of using a third party to assist with flying the drones, or whether it is more beneficial to train a team in-house. Companies are increasingly opting to use drones in-house, due to the long-term cost benefits and potential return-on-investment. Advances in technology now means that



UAVs can also be seamlessly integrated with existing farm management information systems (FMIS), to reduce time spent planning and in the field. Helping to streamline workflows further, partnerships between hardware and software manufacturers can also support agricultural professionals with the processing and analysis following data collection – all in one system.

This allows agricultural professionals to fly the drone and process the images using accompanying software, before exporting the data directly to an application map for use on farming equipment, such as sprayers. These measures enable precision application and ensure less wastage of materials, which can help save costs. Linking the farmer, drone maker, software, ag service provider, and agronomist together, this level of seamless integration enables a complete drone to tractor workflow – leading the way in intelligent agriculture and optimizing farm management methods.

It is also crucial for operators to keep up to date with regulations, such as controlled airspaces around airports and individuals' privacy. Legislation is continuously evolving and is not currently harmonized across the world. Since regulations vary substantially between regions, having the right team in place can help drone operators in the agriculture industry choose a compliant model, ensure they have the correct certification and fly according to the latest guidance and safety and regulatory standards.

With rising emissions from agriculture an increasing problem, changes in farming need to be made to help mitigate climate change and protect against future environmental impact. Agricultural mapping with drones has become more accessible, allowing operators to gain crucial insights into the health of crops and plan accordingly. Not only does the technology have a positive environmental impact, but it can also result in significant cost savings for farmers and agricultural professionals in the long-term. Drones have become an efficient way to quickly and easily map difficult terrain – particularly compared to more traditional methods of mapping, such as manned aircrafts and satellites. This is helping agriculture become a data-driven industry. Technology giant, Microsoft, is leading the way in this area with its Microsoft Azure FarmBeats program, using data analytics from UAVs to boost farm productivity and reduce resource usage.

**Conclusion.** The future for drone technology in improving sustainability is promising. The next step will be the use of artificial intelligence (AI) to automatically analyze the resulting data. Not only would this encourage more efficient operations but enabling more frequent health assessments would also help improve sustainability throughout the industry.

### **References**

1. Pinguet B. The Role of Drone Technology in Sustainable Agriculture 2020 URL: <https://www.precisionag.com/in-field-technologies/drones-uavs>. (Date of access: 27.11.2020.)
2. Speck S. 3 Steps to Accelerate Ag Tech. 2020 URL: <https://www.precisionag.com/digital-farming/>. (Date of access: 27.11.2020.)

УДК 658.345

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕСТОВ В ПРАКТИКЕ РАБОТЫ ВЫСШЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ

Серебрякова Н.Г., к.пед.н.

*Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь*

В современных исследованиях понятия «интеллект» выделяется восемь направлений [1]:

**1. В рамках социокультурного подхода**, представителями которого являются Дж.Брунер, М.Коул, С.Скрибнер, Л.Леви-Брюль, К.Леви-Стросс, А.Р.Лурия, Л.С. Выготский рассматриваются межкультурные исследования познавательных процессов.

Интеллект человека анализируется как результат влияния культуры в целом.

**2. В рамках феноменологического подхода**, представителями которого являются М.Вертгеймер, К.Дункер, В.Кёлер, Р.Мейли вводится гештальт-психологическая теория интеллекта.

Р.Глезер, М.Чи, Дж.Кэмпион сформулировали особенности организации индивидуальной базы знаний. В методологии этого направления определяющими в понимании природы интеллекта являются содержательные аспекты познавательного отражения:

- предметное содержание познавательных образов,
- понятийное содержание долговременной семантической памяти.

**3. В рамках процессуально-деятельностного подхода** интеллект рассматривается в контексте теории мышления как процесса (Л.А.Венгер, А.В.Брушлинский, П.Я.Гальперин, С.Л.Рубинштейн, Н.Ф.Талызина); методология подхода рассматривает также изучение детерминации интеллектуальных процессов (О.К.Тихомиров, К.А.Абульханова-Славская).

Интеллектуальные процессы анализируются как особая форма человеческой деятельности.

**4. В рамках генетического подхода** (теория интеллекта Ж. Пиаже, этологическая теория интеллекта У. Чарлсворза) интеллект рассматривается как форма адаптации индивида к окружающей среде.

**5. В рамках информационного подхода** представителями которого являются Э.Хант, Р.Стернберг, Г.Айзенк рассматривается изучение информационных процессов как основы индивидуальных интеллектуальных различий.

Интеллект рассматривается как множество процессов обработки информации.

6. **В рамках образовательного подхода**, включающего теории когнитивного научения (А. Стаатс, К. Фишер, Р. Фейерштейн); исследования интеллекта в исследовании проблемы обучаемости (И.А. Менчинская, З.И. Калмыкова, Г.А. Берулава) постулируется, что природа интеллекта выявляется путем исследования «процедуры его приобретения». В этой парадигме интеллект представляется как продукт обучения.

7. **В рамках регуляционного подхода**, представителями которого являются Л. Терстоун и Р. Стернберг изучается регулирующая функция интеллекта и проводится анализ интеллекта как «формы ментального самоуправления».

Интеллект рассматривается как механизм саморегуляции и поведенческой и психической активности.

8. **В рамках структурно-уровневого подхода**, представителями которого являются Б.Г. Ананьев, М.Д. Дворяшина, Е.И. Степанова, Б.М. Величковский предлагается «структурно-уровневая теория» и «теория функциональной организации познавательных процессов».

Интеллектом понимается как сложная умственная деятельность, которая представляет собой систему познавательных процессов разного уровня.

Сторонники тестологического подхода отмечают, что большинство из перечисленных теоретических разработок не операционализировали понятие «интеллектуальное развитие» [2].

Хотя до сих пор нет единой точки зрения на природу интеллекта, это не мешает психологам его измерять.

Вузовское обучение ориентировано преимущественно на развитие **конвергентного мышления**, при котором главенствующая роль отводится левому полушарию мозга, точнее, развитию высших психических функций, которые связаны с запоминанием информации. Левое полушарие мозга обрабатывает информацию линейно, аналитически и логически. Централизованное тестирование экзамены рассчитано на людей с доминирующим конвергентным мышлением.

**Дивергентное мышление** свойственно людям, которые способны образовывать неординарные комбинации из стандартных элементов или связывать элементы, не имеющие пересечений.

В инженерном образовании и инженерной деятельности [3, 4] ведущая роль отводится правому полушарию, которое обрабатывает информацию глобально, синхронно и интуитивно - нелинейно.

В связи с тем, что приоритетным Образовательных стандартов поколения 3+ является реализация развивающего потенциала высшего образования, возникает необходимость его психолого-педагогического обеспечения, одним из элементов которого является комплексная диагностика общих способностей. Нами выделяется диагностика особенностей мотивационной и познавательной сфер.

Для діагностики особливостей мотиваційної сфери - професійних інтересів і схильностей, ціннісних орієнтацій нами використовується «Матриця вибору професії» Г.В. Резанкиної і методика «Ціннісні орієнтації».

Для діагностики пізнавальної сфери нами використовуються короткий отборочний тест (КОТ) (*адаптація Н.В. Бузина*), тест механічної понятливості Беннета і тест інтелектуальної лабільності.

Цілью використання перерахованих стандартизованих психодіагностических методів є отримання інформації про якостях, які суттєво впливають на поведінку людини, але не піддаються безпосередньому спостереженню: інтелектуальних здібностей, самооцінки, внутрішньої конфліктності.

Проводима нами психодіагностика не замінює оцінку дійсності студента, а доповнює її, так як дозволяє визначити актуальний рівень розвитку його здібностей і «зону найближчого розвитку».

#### ***Список використаної літератури***

1. Холодная, М.А. Психология интеллекта: парадоксы исследования
2. Психология и выбор профессии. М., 2006.
3. Серебрякова Н.Г., Карпович А.М. Образовательные стандарты подготовки инженеров-механиков: мировой и отечественный опыт разработки. Профессиональное образование. 2018. № 2. С. 3-12.
4. Попов, А. И., Синельников В. М. Проектирование системы обучения инновационной деятельности будущих инженеров сельскохозяйственного производства. Исследования, результаты. 2017. N 3. С. 413-420.

## Наукове видання

# Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі

*Матеріали*

*II Міжнародної науково-практичної  
інтернет-конференції  
02-27 листопада 2020 р.*

*Відповідальна за випуск: Н.І. Болтянська, доцент кафедри  
Технічний сервіс та системи в АПК Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.*

*Редактор: Н.І. Болтянська.*

*Дизайн і верстка: Н.І. Болтянська.*

*Адреси для листування:*

*72310, Україна, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18*

*E-mail: nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua*

*Сайт конференції: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/conf/>*

**Редакційна колегія не несе відповідальності за зміст представлених матеріалів**