

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ЛУЦЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ



ФАКУЛЬТЕТ  
АГРАРНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕКОЛОГІЇ



КАФЕДРА  
АГРАРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ  
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА  
Г.А. ХАЙЛІСА

**VIII всеукраїнська  
науково-практична конференція  
„ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АПК”**

**Збірник тез доповідей**  
[Електронний ресурс]

20-21 травня 2021 р.

м. Луцьк

УДК 631.3.00

Інноваційні технології в АПК: збірник тез доповідей VIII всеукраїнської науково-практичної конференції, 20-21 травня 2021 р., м. Луцьк [Електронний ресурс] – Луцьк: Луцький НТУ, 2021. – 164 с.

VIII всеукраїнська науково-практична конференція „Інноваційні технології в АПК” проведена відповідно до наказу ректора Луцького НТУ № 238-05-35 від 23 березня 2021 р.

У збірнику тез викладено результати наукових досліджень і практичного досвіду науковців, виробничників, аспірантів та студентів, які висвітлюють актуальні аспекти розвитку агро-промислового комплексу.

Видання адресоване науковцям та викладачам, аспірантам та студентам.

Відповідальний за випуск: к.т.н., доцент С.Ф. Юхимчук

Рекомендовано до опублікування вченою радою Луцького національного технічного університету (протокол № від травня 2021 р.)

Друкується без редакційної правки видавництва.  
Відповідальність за зміст тез несуть автори.

© Луцький національний технічний університет, 2021

Д.С. Альбота, аспірант  
Луцький національний технічний університет

## **РОЗДІЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО НА ВОЛИНІ**

В останні роки спостерігається поступове нарощування площ для вирощування льону олійного, особливо у фермерських господарствах до 50 га. Активні фермери розуміють, що льон олійний має хороші економічні перспективи щодо його вирощування та заміщення деяких, на сьогодні, популярних культур в Україні. Адже з льону олійного можна отримати насіння та волокно, яке після переробки буде мати додану вартість, що позитивно відобразиться на економіці. Можна сказати, що льон олійний це культура, яку можна використати повністю, проте є невирішені питання, які стосуються стадії збирання врожаю і потенційних фермерів це відштовхує. Серед цих проблем можна виділити:

- необхідність дотримання строків збирання врожаю;
- відсутність спеціалізованої техніки для збирання;
- залишки соломи льону олійного після обмолочування.

Саме остання проблема є найбільш актуальною, адже після виділення насіння, на полі залишається 40ц/га і більше стеблової частини врожаю. Залишена солома стає перепоною для вирощування льону. Одні намагаються стебла спалювати, що є грубим порушенням екологічних норм, інші пробують подрібнювати та загортати в ґрунт. Проте через особливі властивості волокна, процес його розкладання у ґрунті, може тривати роками і кожен раз при механічній обробці поля залишена стебलो-волокниста маса буде про себе нагадувати: забивати робочі органи ґрунтообробних знарядь, посівних та інших машин. У будь-якому випадку знищується корисна сировина та завдається шкода природі.

Багаторічні спостереження за врожаєм льону олійного на Волині дають зробити висновок про те, що висота стеблостою сягає від 45 см., а тому такий ресурс не можна знищувати, а потрібно використовувати. Шляхів використання може бути два: виготовлення волокна коли це можливо, або високоякісного палива, яке буде мати такі ж енергетичні показники як і тверді породи деревини.

Для реалізації з використання волокнисто - стеблової маси льону олійного необхідна технологія, яка дозволить забезпечити ефективне виділення насіння та використати стеблову частину врожаю. Фермери

сьогодні розраховують тільки на отримання насіння, тому застосовують зернозбиральний комбайн, після обмолочування якого стеблова частина врожаю стає непридатною до виділення волокна. Відомо, що для отримання волокна потрібно створити умови перетворення соломи у тресту, тобто забезпечити паралельність стебел для безперервної подальшої обробки.

Тому пропонується роздільна технологія збирання льону олійного. Спочатку стеблостій оцінюють на якість волокна, тоді у фазі ранньо - жовтій стиглості зрізують стебла на висоті 12-15 см та вкладають паралельними у валки. Після дозрівання коробочок і волокна у стеблах за один підйом валка, потрібно виділити і очистити насіння перед подачею у бункер а, для зручного транспортування, стеблову частину врожаю сформувати у малогабаритні рулони. Проте, через пружні властивості стебел льону олійного, це зробити складно і необхідно зменшити пружність стебел.

Для реалізації запропонованої технології потрібна машина[3], яка забезпечить виконання наступних операцій:

- підбирання валка з поля;
- руйнування насінневих коробочок, виділення та очищення насіння;
- зменшення пружних властивостей стебел;
- формування малогабаритних рулонів;
- вивантаження рулонів та насіння.

Реалізація запропонованого способу збирання льону олійного дозволить підвищити ефективність використання вирощеного врожаю, зменшити енергетичні затрати на технологічний процес збирання, забезпечити очищення поля від стеблової частини і залишків врожаю льону олійного.

Перелік використаних джерел:

1. Альбота Д.С. Обґрунтування параметрів декортригатора прес-підбирача валків стеблово-волокнистої маси льону олійного/Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 43. – Луцьк, 2019.– с. 3...9.
2. Дідух В.Ф. Технологія переробки стеблової маси льону олійного, отриманої в умовах Західного Полісся / В.Ф. Дідух, І.З. Дуць., С.В. Ягелюк, Ю.М. Онюх, Б. М. Бойчук. Зб. наук. статей «Сільськогосподарські машини» вип. 38 Луцьк: 2017, – с. 30...38.
3. Адьбота Д.С., Дідух В.Ф., Кірчук Р.В., Буснюк В.В. Спосіб збирання льону олійного Патент на КМ № 147162 А01D91/04 (2006.01), А01D45/06 (2006.01) Опуб. 14.04.2021, бюл.№15.

Б.В. Болтянський, к.т.н., Л.О. Болтянська, к.е.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК В ТВАРИННИЦТВІ

Достатньо перспективним напрямком енергозберігаючої технологічної політики, що дозволяє забезпечити значну економію традиційного палива, є використання геотермальної енергії для опалення, водопостачання і кондиціювання повітря в житлових та громадських будинках і спорудах в містах і сільській місцевості, а також технологічне використання глибинного тепла Землі в різних галузях промисловості і сільського господарства.

Найбільш поширеним і придатним в даний час до технічного використання джерелом геотермальної енергії в Україні є геотермальні води. Подальша стратегія розвитку геотермальної енергетики в Україні полягає в першочерговому розвитку найбільш підготовлених до практичної реалізації технологій геотермального теплопостачання населених пунктів і сільськогосподарських об'єктів та в частковому переорієнтуванні науково-технічної бази існуючих геологорозвідувальних та нафтодобувних організацій, завантаження яких знижено внаслідок виснаження в Україні запасів нафти та газу [1].

Теплонасосні установки (ТНУ), використовуючи низькопотенційну енергію навколишнього середовища за рахунок термодинамічних перетворень за циклом Карно, підвищують енергетичний потенціал основного теплоносія до більш високого рівня, витрачаючи при цьому в 2-4,8 рази менше енергії. ТНУ використовують енергію повітря, води чи ґрунту і передають її з більшим потенціалом за допомогою низькотемпературних рідин – фреонів, аміаку, азоту тощо [2].

В тваринництві існують два основних напрямки застосування ТНУ: у лініях первинної обробки молока і для теплопостачання виробничих приміщень (рис. 1).



Рис. 1. Використання ТНУ на тваринницьких фермах

Так, на молочних фермах істотну частку витрат енергоресурсів (до 50%) становлять витрати електроенергії на привод компресорів холодильних машин, призначених для охолодження свіжовидоєного молока і на нагрів води для санітарно-технологічних потреб [3,4].

При цьому низькопотенціальним джерелом теплової енергії слугує, в основному, свіжовидоєне молоко ферм. При охолодженні 1 л молока з 30°C до 4-6°C виділяється 85-100 кДж теплоти. Цього тепла, а також енергії, витраченої на привод компресора, достатньо для нагріву 1 л води до температури 25-35°C. При використанні сучасних доїльних установок у технологічному процесі потрібна гаряча вода з температурними значеннями +30-60°C. Таке поєднання потреби в теплоті і холоді створює сприятливі умови для застосування теплових насосів. Крім того, з вентиляльованим повітрям стійлових приміщень відводиться значна кількість теплоти, яка також успішно може бути використана як низькопотенціальне джерело тепла для теплових насосів [5].

Таким чином, застосування ТНУ на тваринницьких фермах забезпечить одночасно охолодження свіжого молока, нагрів води для санітарно-технологічних потреб, кондиціонування повітря в стійлових приміщеннях, теплозабезпечення виробничих приміщень тощо. Теплові насоси, без сумніву, є найбільш перспективними серед джерел відновлюваної енергетики для вирішення проблем енергозбереження завдяки можливості «черпати» поновлювану енергію з навколишнього середовища.

Перелік використаних джерел:

1. Ткаченко С.Й., Остапенко О.П. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання: Монографія. Вінниця: ВНТУ, 2009. 176 с.

2. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: Підручник для здобувачів вищої освіти закладів вищої освіти / Б.В. Болтянський, О.Г. Скляр та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

3. Болтянський Б.В., Болтянська Л.О., Сиротюк С.В. *Аналіз структури витрат енергії при виробництві сільськогосподарської продукції*. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Матеріали І Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 436-442. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/boltjanskyj.pdf>

4. Болтянський Б.В., Болтянська Л.О. Напрями енерго- та ресурсозбереження при виробництві молока. Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: Мат. ІХ Міжн. наук.-техн. конф. Глеваха-Київ. 2020. С.15-17. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/conf/materialy/>

5. Болтянський Б.В., Дереза С.В. Забезпечення комфорту тварин у молочному скотарстві. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 20-24. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/boltjanskyj-b.v.-dereza-o.o.-dereza-s.v.-zabezpechennja-komfortu-tvaryn-u-molochnomu-skotarstvi.pdf>

N.I. Boltianska, c.t.s., O.V. Boltianskyi, c.t.s.  
Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university

## **PROSPECTS FOR NANOTECHNOLOGY IN POULTRY FARMING**

In organizing the effective marketing of poultry products, their safety and high quality play an important role. The urgency of this problem is due to the increased attention of the population to a healthy lifestyle. Only clean food products of the industry, high quality and environmental friendliness of which are confirmed by international standards, can attract the consumer and provide the enterprise with profit, which has become a prerequisite for successful and effective entrepreneurship. It is high-quality products, especially enriched with nutrients and microelements, that are now becoming the defining criterion for the competitiveness of a poultry enterprise. The presence of a certificate is a kind of pass to the poultry products market, as well as a guarantee of the good quality and safety of the finished product for the buyer. The most reasonable way to improve the provision of the population with deficient nutrients is the introduction of animal feed and feed with a naturally high content of biologically active substances into the diet of animals. In most European countries, in the USA, Canada, New Zealand and Japan, products enriched with various microelements, vitamins, essential fatty acids have been in steady demand for a long time. Our production of fortified products is just beginning to develop. In this regard, there is a problem of development of production technology and control of the appropriate range of fortified products. As you know, natural micronutrients in feed are assimilated quite well, but not fully [1,2]. Experience shows that the use of bioresonance technology in the production of broilers makes it possible to activate the assimilation of natural microcomponents from feed, to obtain the best ratio of protein and fat in meat, as well as to increase the gains and reduce feed costs.

Bioresonance technology is a particular aspect of nanotechnology, which is based on the effect of the spectrum of electromagnetic frequencies of biologically active substances - vitamins, trace elements, hormones, enzymes, etc. This spectrum of electromagnetic waves coincides with the same spectrum of the same substances in a living organism and leads to resonance (bioresonance), which activates the absorption and assimilation from feed of the substance to which the organism is evolutionarily adapted. Today bioresonance technology can be used on a production scale. It is realized with the help of the "Transfer-Agro" equipment, in principle of which the phenomenon of energy-information transfer of the spectrum of electromagnetic oscillations from biologically active substances to the secondary carrier is used. The quality of chicken meat obtained using bioresonance technology has an advantage in all the studied parameters. Of particular interest is the protein to fat ratio, where the protein content has increased by 7% and the fat content has decreased to 26% of the traditional level. The mass of deficient micro- and

macroelements has increased; assimilation of calcium improved by 12,5%, iron - by 36,6%, sodium - by 44%, as well as manganese and zinc [3].

Moreover, with bioresonance exposure, an advantage is recorded during all growing periods in growth rate and feed conversion. At the age of 14 days, the average daily gain was 42 g, which is 5 g more than with traditional cultivation. For the entire growing period - 35 days, the average daily gains in the control were 53,4 g, while with the new technology – 55,2 g, which made it possible to obtain an additional 67 g of live weight per head. It should be noted that the advantage of this technology was revealed against the background of already existing high economic indicators. The bioresonance effect helps to better assimilate the nutrients in the feed, which will certainly affect the conversion of feed into products. So, during the period of feeding, the average conversion rate in the experiment improved by 0,08 and was 1,44 with the new technology, and 1,52 with the traditional one. The calculation of the economic efficiency of production using a new technology in comparison with traditional technology shows that the payback period for investments in bioresonance technology is a little more than 2 months, taking into account the costs of technical and scientific support. The new technology makes it possible to additionally provide an increase in net income of 170 thousand rubles per livestock of 13 thousand broilers per year. Production profitability increases by 4,2%. The data presented testify to the effectiveness of the proposed technology, which is characterized by low development costs, and in conditions of a shortage of investment resources, it is the short payback period that is of fundamental importance. The need to use environmentally friendly, resource-saving management methods will contribute to the introduction of bioresonance technology, which involves a frequency-resonant effect on poultry and is today a promising area of the nanoindustry. It makes it possible not only to better realize the genetic potential of poultry, reduce feed costs, but also improve the quality of the products. The new technology will make it possible to modernize poultry production, which will contribute to ensuring the competitiveness of domestic products in the world agricultural market in the near future.

#### Reference:

1. Manita I. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. Інженерія природокористування. Харків: ХНУСГ, 2020. №2(16). С. 33-37.
2. Manita I. Selection of optimal modes of heat treatment of grain. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 20-24. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/conf/>
3. Podashevskaya H. Areas of application of nanotechnologies in animal husbandry. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 357-361. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/podashevskaya-2020.pdf>



К.В. Борак, Д.С. Самчук, О.П. Олександрович, С.В. Козловець  
Поліський національний університет

## АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДИСКОВИХ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ

В структурі парку сільськогосподарських машин України дискові ґрунтообробні знаряддя (ДГЗ) займають близько 40% від загальної їх кількості. Основними позитивними характеристиками ДГЗ є простота конструкцій, висока продуктивність, мала схильність до забивання рослинними рештками, здатність легко долати перешкоди, відносно малий знос робочих органів, можливість забезпечувати поверхневий обробіток ґрунту.

ДГЗ за характером роботи підрозділяється на плуги, лушпильники і борони. Дискові плуги бувають тільки несиметричні, а лушпильники і борони - симетричними і несиметричними.

Дискові плуги призначені для обробітку важких, сухих ґрунтів і ґрунтів пронизаних корінням. Так як вони мають порівняно велику вагу тому, в основному, бувають причіпними і начіпними. Для обробітку м'яких староорних ґрунтів обмежене розповсюдження одержали дво-, три-, чотиридискові навісні плуги. Диски причіпних і начіпних плугів мають діаметр 510-810 мм, а навісних плугів 580-710 мм. Площина леза диска створює з напрямком руху трактора кут  $\alpha=40...45^\circ$  і з вертикальною площиною кут  $\beta=15...25^\circ$ . Дискові плуги дають змогу обробляти ґрунт на глибину до 30 см [1].

Дискові лушпильники використовуються в основному для лушення стерні на глибину 6-15см., інколи для обробітку парів. Симетричні дискові лушпильники виготовляють з шириною захвату до 20 м, несиметричні – 6 м. Дискові лушпильники в основному причіпні і лише вузькозахватні (до 2 м) бувають начіпними. Робочі органи (РО) несиметричних лушпильників мають діаметр 510-610 мм, знаходяться один від одного на відстані 170-250 мм, кут  $\alpha=35...45^\circ$ , що дає змогу даним лушпильникам заглиблювати РО на глибину до 15 см. Симетричні дискові лушпильники більш розповсюджені в агропромисловому комплексі України. Діаметр РО симетричних лушпильників становить 450 мм, відстань між дисками становить 170 мм, кут  $\alpha$  регулюється в межах  $10...35^\circ$  через кожні  $5^\circ$ . При  $\alpha=15...20^\circ$  лушпильник можна використовувати в якості однослідної дискової борони [1].

Дискові борони за призначенням ділять на польові, садові і болотні, а по способу з'єднання з трактором – на причіпні та навісні. Їх основні конструктивні та технологічні параметри наведено у табл. 1.

На даний час широкого розповсюдження отримали комбіновані ґрунтообробні знаряддя де в більшості наявні дискові робочі органи.

Таблиця 1.

Основні конструктивні та технологічні параметри дискових борін

Вид дискових борін	Глибина обробітку	Параметри дискових ґрунтообробних знарядь			
		Діаметр РО, мм	Відстань між РО, мм	Кут атаки, град	Кут заточки лека диска, град
Польові	6-24	450-700	165-250	10-25	10-20
Садові	10-30	до 560	до 300	15-25	15-25
Болотні	14-30	560-680	до 300	10-20	15-25

Під дисковими робочими органами розуміють всі види робочих органів, які можуть під дією реактивних опорів ґрунту вільно обертатися навколо горизонтальної або похилої вісі, в результаті чого переміщення окремих точок цих органів є результатом складання поступального і обертового рухів.

Основними геометричними параметрами сферичного вирізного диска з постійною кривизною є його зовнішній діаметр  $D$  (рис 1), внутрішній діаметр  $d$ , радіус кривини сфери диска  $R$ , передній кут  $\varepsilon_1$ , кут нахилу фаски диска до його основи  $\omega$ , кут різання  $\alpha$ , задній кут  $\varepsilon_2$  і товщина диска  $\delta$ .

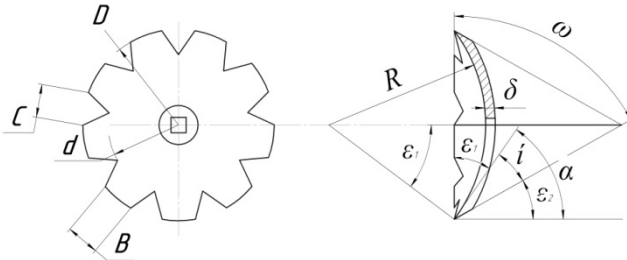


Рис. 1. Основні параметри сферичного вирізного диска з постійно кривиною:  $D$  - зовнішній діаметр,  $C$  - ширина вирізу,  $R$  - радіус кривини сфери диска,  $\varepsilon_2$  - задній кут,  $\omega$  - кут нахилу фаски диска до його основи,  $\alpha$  - кут різання,  $\delta$  - товщина диска

Лезо дисків загострюється з боку опуклої поверхні, а кут загострення повинен бути у межах  $i = 10...20^\circ$  для борін і лушчильників та  $i = 15...25^\circ$  для плугів. Диски призначені для роботи на твердих ґрунтах, заточуються з внутрішньої сторони [1].

Розміри вирізів визначають як:  $C=D/8$ . Кількість вирізів на диску приймають від 6 до 12. Між діаметром і радіусом кривизни диска встановлено залежність  $R= (D/2) \cdot \sin \varepsilon$ .

Перелік використаних джерел:

Борак К. В. Підвищення зносостійкості робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь методом електроерозійної обробки : дис. ... канд. тех. наук : 05.02.04 / Житомирський національний агроєкологічний університет. Житомир, 2013. 217 с.

О.З. Бундза<sup>1</sup>, к.т.н., В.Л. Мартинюк, к.т.н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет водного господарства та природокористування

<sup>2</sup>Луцький національний технічний університет

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНІКА ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ**

Сучасні засоби захисту рослин безперервно удосконалюються, зростає кількість виробників продукції, представлених на ринку України, змінюються технології внесення препаратів. На даний час найпоширенішими є рідинні препарати. Даний вид широко застосовують як у великих аграрних господарствах, які мають можливість використовувати енорганасичені обприскувачі, так й у дрібних [1]. Існуючі обприскувачі культурних рослин в малих господарствах, мають ряд недоліків, головний з них - потреба у залученні додаткових людських ресурсів (переноска обладнання), мала ємність (20-25 літрів), а їх продуктивність обмежена швидкістю пересування оператора. Обробка полів спеціальними хімічними речовинами веде до небажаних наслідків. Препарати впливають не лише на шкідливі елементи, але й на культурні рослини, потрапляють в ґрунт, а разом з сільгосппродукцією - в їжу людини. Крім того за умови застосування переносних засобів є постійна небезпека отруєння операторів.

Тому, з метою усунення даних негативних явищ, набувають популярності екологічно чисті способи знищення бур'янів. Для невеликих агропромислових підприємств реалізувати такий спосіб доцільно за допомогою інтелектуальних малогабаритних машин [2].

Виробництвом таких машин займаються, зокрема, відомі фірми Amazone і Bosch. В основу роботи робота для знищення бур'янів покладено метод подрібнювання стебел рослин і їхнього забивання в ґрунт. Основним об'єктом взаємодії для машини є молоді пагони бур'янів, які вона визначає за допомогою камери з високою роздільною здатністю. Однак робот може впоратися і з дорослими екземплярами. В автоматичному режимі він виявляє бур'яни і за допомогою ударного інструменту діаметром один сантиметр заганяє їх в землю на глибину три сантиметри, витрачаючи на одну рослину близько десятої частки секунди (рис. 1).

**Латвійським університетом природничих наук і технологій** розроблено прототип першого в світі робота, який розпізнає бур'яни за допомогою нейронної мережі і знищує їх спеціальним лазером [2]. Сільськогосподарський робот виявляє на полі бур'яни та випалює їх лазером. Якщо бур'ян занадто великий, то робот підключає до роботи додатковий механічний подрібнювач (рис.2). Це найновіша розробка у галузі інтелектуальних механічних засобів для знищення бур'янів. Яка прийнята до виробництва у поточному 2021 році.



Рис. 1 – BoniRob



Рис. 2- Агробот Robi для знищення бур'янів

Гарно зарекомендували себе роботи для хімічної обробки відомої швейцарської компанії ecoRobotix, яка є одним із лідерів у галузі розробки роботів для хімічної обробки. Компанія запроваджує спосіб вибіркового знищення бур'янів мікродозою гербіцидів. Запроваджується даний спосіб з використанням робота моделі AVO (рис. 3).



Рис.3- Робот моделі AVO

Заслужує уваги також автономний сільськогосподарський робот Rosie, розроблений Федеральною вищою технічною школою Цюриха, який видаляє бур'яни екологічно-чистим способом – механічно. При цьому може орієнтуватися на полі без використання GPS та програмованих маршрутів. Робот також оснащений літій-іонними акумуляторами з високим рівнем безпеки (рис. 4).



Рис. 4 - Робот-прополовач Rosie

Як виявив аналіз конструкцій роботів для знищення бур'янів на світовому ринку поки незначна конкуренція серед їхніх виробників. Але великі об'єми застосування засобів хімічного захисту є причиною значних збитків, нанесення шкоди навколишньому середовищу. Тому запровадження технологій малооб'ємного внесення хімічних речовин та технологій знищення бур'янів без хімічних засобів набувають все більшого розповсюдження. Реалізувати дані технології допоможуть роботи, запровадження комп'ютерних технологій. З урахуванням викладеного можна зробити висновок щодо актуальності проведення досліджень у напрямку розробки малогабаритної інтелектуальної техніки для АПК.

Перелік використаних джерел:

1. Белоусов С. В., Помеляйко С. А. Метод и технические средства для обработки пропашных культур // Научные исследования и разработки в эпоху глобализации: мат. Междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 122–127.
2. TRAKTORIST.UA [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://traktorist.ua/technologies/agrorobot-dlya-znishchennya-bur-yaniv-specialnim-lazerom-robi> (дата звернення 01.05. 2021)
3. Главпахарь. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://glavpahar.ru/articles/roboty-idut...roboty-specializirovannye> (дата звернення 01.05. 2021)

В.В. Буснюк, аспірант  
Луцький національний технічний університет

## **ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ПРЯМИМ КОМБАЙНУВАННЯМ**

Льон олійний технічна культура, яка вимагає підвищеної уваги до окремих технологічних операцій в процесі його виробництва. Якщо процеси підготовки ґрунту, висів насіння, догляд за посівами протягом всього вегетаційного періоду, підпадають під загальну схему вирощування сільськогосподарських культур зернової групи, то збирання врожаю є проблемним і залежить від врожайності соломистої маси. Слід відмітити, що врожайність льону олійного напряму залежить від природно-кліматичних умов вирощування і може досягати врожайності: насіння – більше 20ц/га і соломи у межах 45 ц/га. При цьому характерним для Північних районів є формування у стеблах короткого неорієнтованого волокна за всією довжиною стебла, що впливає на вибір технології збирання.

Таким чином, перед початком збирання льону олійного важливо оцінити якісні і кількісні показники вирощеного врожаю[1,2,3]. Оцінку необхідно проводити по двох видах основної продукції з льону олійного: насіння та волокна. Основний показник – врожайність. Але додатково варто встановити такий показник, як вихід олії з насіння а, у соломі – вміст та якість волокна: фаза стиглості, розривне навантаження, масова доля лубу, довжина жмені та ін.[4].

Проведена оцінка дозволить прийняти правильне рішення щодо вибору технології збирання льону олійного і врахувати погодні умови та період вивезення всієї продукції з поля в необхідні умови зберігання.

Практика вирощування та збирання льону олійного показує, що ставити ставку лише на отримання економічного ефекту від вирощування льону олійного на насіння, може призвести до збитковості сільськогосподарської культури. У випадку випадання дощів у період вегетації, льон олійний формує значну стебलोво-волокнисту масу, що ускладнює процеси його збирання. Тому господарства з вирощування льону олійного мають мати технічне забезпечення для виробництва короткого неорієнтованого волокна, які можуть забезпечити отримання як лубоволокнистої маси із соломи, так і волокнисто – стеблової маси із трести.

Заготівля лубоволокнистої маси із соломи дещо спрощує вибір технічних засобів для її отримання. Для цього можна використати зернозбиральний комбайн для прямого комбайнування та серійний підбирач рулонів. При цьому, відбувається часткове руйнування стебел. Зернозбиральний комбайн необхідно налаштувати на формування валків.

Більш складним технологічним процесом є збирання льону олійного на коротке неорієнтоване волокно. Особливо, коли настає фаза повної стиглості і стебла льону олійного починають перетворюватись у тресту на корені. В такому випадку застосування прямого комбайнування стає неможливим – сегментно пальцевий апарат не забезпечує зрізання стеблостою. При цьому зростають втрати як насіння, так і волокна.

Вихід із ситуації полягає у застосуванні принципу брання стебел з ґрунту, аналогічно при збиранні льону – довгунця на довге волокно. Але відомі технічні засоби для збирання льону - довгунця обмежені продуктивністю машин через неможливість збільшення ширини захвату, так як дана технологія передбачає формування стрічки для перетворення соломи у тресту.

Льон олійний через морфологічну будову стебел не дозволяє проводити операцію формування стрічки для виготовлення трести. Тому, у такому випадку, стеблостій найкраще вибрати та обмолотити зернозбиральним комбайном. Відсутність обладнання для збирання льону прямим комбайнуванням вимагає постійних досліджень для його створення. Існує велика кількість ідей для виготовлення широкозахватного пристосування для брання льону олійного [5,6]. Найбільш поширена думка є, що робочими органами такого пристосування повинні бути вальцеві (валкові) робочі поверхні, які мають достатні кутові швидкості обертання для витягування з ґрунту як одиночних, так і групи стебел. Проте, суттєвим недоліком, який проявляється на етапі розробки кінематичних схем, є ускладнений привод і значна кількість кінематичних ланок.

Запропоноване обладнання для збирання льону олійного методом брання (рис. 1) з опорною поверхнею усуває вказаний недолік і гармонійно вписується у жатну частину зернозбирального комбайна незалежно від її ширини захвату.

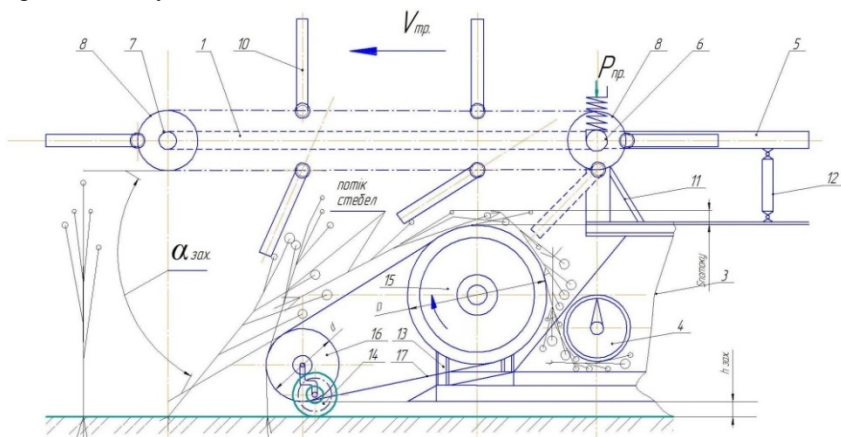


Рис. 1 Обладнання для збирання льону олійного прямим комбайнуванням

Пристрій для збирання льону олійного складається з стрічково-планчастого транспортера 1 та брального вузла 2, які встановлюються на жатку 3 з шнеком 4. Стрічково-планчастий транспортер 1 складається з рухомої рами 5 на якій встановлюються підпружинений привідний вал 6 та натяжний вал 7 з зірочками 8 і ланцюгами 9 на яких встановлено у шаховому порядку притискні планки 10. Рухома рама 5 шарнірно встановлена відносно жатки 3 на кронштейнах 11. Для регулювання рухомої рами 5 встановлено гідроциліндр 12.

Бральний вузол 2 встановлюється на жорстко приєднаній рамі 13 до жатки 3 з самовстановлюючими опорними колесами 14 та привідним барабаном 15 і натяжним барабаном 16 охопленими безкінцевою стрічкою 17. Привідний вал 6 і привідний барабан 15 приводяться в рух за допомогою приводу 18.

Робота його взаємопов'язана з поступальною швидкістю машини, так як робочі швидкості не потребують значних швидкостей. Основною вимогою при брання груми стебел є забезпечення нерозривності вибраних стебел на опорній поверхні. Після обмолоту волокнисто – стеблову масу можна відразу сформуванати у рулони циліндричної форми визначеного діаметру та забрати з поля для подальшої переробки або залишити на порі у валках для завершення процесу перетворення стебел соломи у тресту.

Перелік використаних джерел:

1. Ягелюк С.В., Дідух В.Ф., Онох Ю.М. Оцінка якості волокна зі стебел льону олійного, вирощеного в умовах Західного Полісся / С.В. Ягелюк та ін. Товарознавчий вісник. Збірник наукових праць. Випуск 11. - Луцьк. ЛНТУ, 2018. – С.167-173
2. Ягелюк С.В., Дідух В.Ф. Концептуальна модель технологій переробки стебел льону. Зб. наук. статей «Сільськогосподарські машини», вип.. Луцьк 2020 №44, с.155-164.
3. Yaheliuk S. Optimization on efficient combustion process of small-sized fuel rolls made of oleaginous flax residues / V. Didukh, V. Busnyuk, G. Boyko, O. Shubalyi // INMATEH – Agricultural engineering. Vol. 62, No. 3/2020, Bucharest 2020, p. 361-368.
4. Чурсіна Л.А. Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного / Л.А.Чурсіна, Г.А. Тіхосова, О.О.Горач, Т.І.Янюк. Херсон:Олді - плюс, 2011. - 356с.
5. Дударев І.М. Теоретичні основи модернізації машин для виробництва льону: монографія / І.М. Дударев. – Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ, 2015. – 268 с.
6. Жатка для збирання льону олійного. Дідух В.Ф., Тараймович І.В., Онох Ю.М., Буснюк В.В. Патент на винахід №118379, А01D45/06, А01D41/14, А01D63/02, А01D69/03(2006.01). Опубл.10.01.2019, бюл. № 1.



Н.В. Васильчук, аспірант  
 Луцький національний технічний університет

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ СТЕБЕЛ СОНЯШНИКУ ІЗ РОТОРАМИ ЖАТКИ

Згідно даних міжнародної служби статистики – Statista Україна є країною із найбільшим обсягом виробництва насіння соняшнику [1].

Технологічний процес збирання передбачає зрізання корзинок соняшнику. Разом із корзинками зрізується також частина стебла. Довжини відрізків стебел, які разом із корзинками поступають у зону дії шнеку, нерівномірні та залежать від висоти розміщення корзинок соняшнику відносно поверхні землі. Це призводить до значного засмічення рухомих частин жатки, зменшення пропускної здатності та регулярних зупинок на очищення і обслуговування обладнання [2].

З метою усунення даних недоліків розроблено конструкцію роторів, які рекомендовано для встановлення в нижній частині жатки [3].

З метою проведення експериментальних досліджень процесу взаємодії стебел соняшнику із роторами було розроблено та виготовлено лабораторну установку (рис. 1).

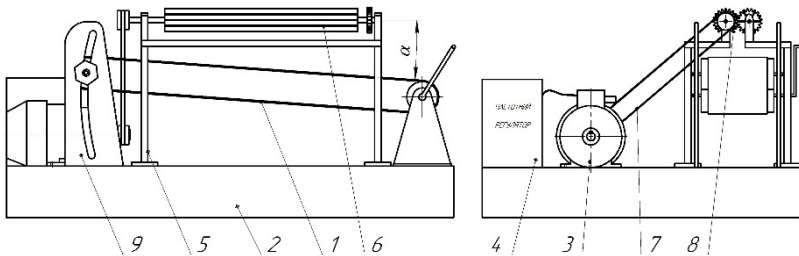


Рис. 1. Схема лабораторної установки: 1 – транспортер; 2 – рама; 3 – електродвигун А02-31-4; 4 – частотний регулятор Telemecanique Altivar 31; 5 – стійки кріплення роторів; 6 – ротори; 7 – пасова передача; 8 – зубчаста передача; 9 – регулятор нахилу транспортера.

Лабораторна установка складається з транспортеру 1, який закріплено на рамі 2 і має можливість змінювати кут нахилу до горизонту. Стрічка оснащена тримачами для стебел, які являють собою воронку з дном, що легко витискається стеблом за умови його опускання під впливом виступів ротора. На рамі 2 змонтований електродвигун 3 з частотою обертання  $1430 \text{ хв}^{-1}$ . Частоту обертання електродвигуна можна змінювати із кроком  $28,6 \text{ хв}^{-1}$  за допомогою частотного регулятора 4 - Telemecanique Altivar 31. На рамі змонтовано стійки 5 для закріплення роторів 6. Рух на вал одного з роторів

передається з вихідного валу двигуна через пасову передачу 7. Рух на вал сусіднього ротора передається через зубчасту передачу 8. Устаткування містить регулятор 9, який призначено для зміни кута  $\alpha$  нахилу транспортера 1 відносно осі роторів 5.

Для проведення досліджень використовували стебла соняшнику однакової довжини (для кожного конкретного досліду), які закріплювали на стрічці транспортеру по 10 штук (рис. 2).

Середній діаметр стебел на стрічці становив: 6,7 см; 4,8 см; 2,9 см, які транспортувались і взаємодіяли з роторами за умов, що кут нахилу роторів до горизонту становив:  $50^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $0^\circ$ .



Рис. 2. Фото дослідю

Нами були обрані наступні фактори, які впливають на процес транспортування стебел роторами з одночасним затягуванням їх донизу: діаметр стебла соняшнику  $D_c$ , мм; кут нахилу роторів –  $\alpha_p$ , град. Вихідний параметр – зменшення довжини верхньої частини стебла, розташованої над роторами відносно початкової, яка фіксувалась на початку каналу, утвореного виступами роторів –  $Y$ , %.

Розрахунки проводили згідно методики, що наведена у [5].

Базуючись на результатах експериментальних досліджень нами отримано рівняння регресії:

- при частоті обертання роторів  $956,4 \text{ хв}^{-1}$ :  $y = 30,954 - 0,671 \cdot D_c - 0,278 \cdot \alpha_p$ ;

- при частоті обертання роторів  $314,6 \text{ хв}^{-1}$ :  $y = 22,433 - 0,75 \cdot D_c - 0,258 \cdot \alpha_p$ .

Графічна інтерпретація даних рівнянь (поверхні відгуку) представлені на рис. 3.

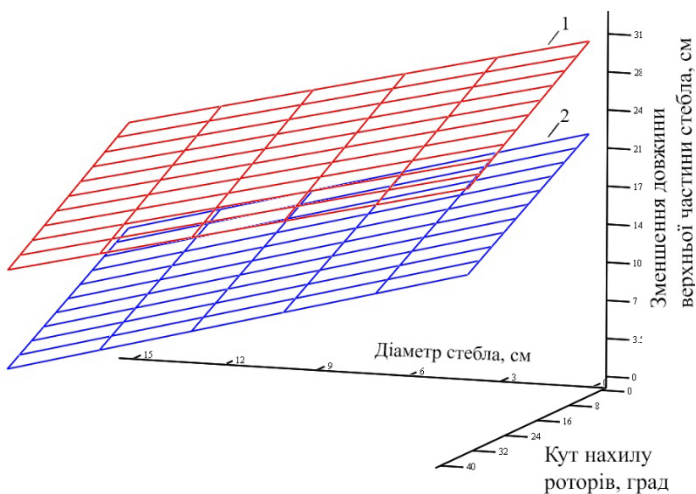


Рис. 3. Залежність величини зменшення довжини стебла від його діаметру та кута нахилу роторів за умови, що частота обертання роторів становить: 1 – 314,6 хв<sup>-1</sup>; 2 – 956,4 хв<sup>-1</sup>.

У ході експериментальних досліджень доведено доцільність додаткового оснащення жатки роторами. Вісь ротора повинна бути нахилена до горизонту на кут 10<sup>0</sup>-15<sup>0</sup>. За цих умов стебла при проходженні через канал затягуються виступами роторів до низу стебла підходять до виходу з каналу нахиленими у бік руху. Таке положення стебел сприятиме потраплянню всіх корзиночок у зону дії шнеку. Дані твердження є справедливими за умови, що частота обертання роторів становила 314,6 хв<sup>-1</sup>. При частоті обертання роторів 956,4 хв<sup>-1</sup> від 38 до 59 % стебел відхиляється в напрямку протилежному до напрямку їхнього переміщення, що призводить до відхилення у бік протилежний до зони дії шнеку і втратам насіння.

Перелік використаних джерел:

1. Production volume of sunflower seed in major producer countries in 2019/2020 [Електронний ресурс] // Statista. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.statista.com>
2. Шафоростов В. Д., Макаров С.С. (2007). Потери урожая подсолнечника при уборке. Масличные культуры, №1. 95–96.
3. Васильчук Н.В., О.О. Налобіна. (2017). Жатка для збирання соняшнику. Патент № 1181445, Україна.
4. Васильчук Н.В., О.О. Налобіна. (2017). Жатка для збирання соняшнику. Патент № 116226, Україна.
5. Хайлис Г.А., Ковальов М.М. (1994). Исследование сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных. Колос, Москва, 1994. 169.

В.О. Глоба, студент, О.М. Ачкевич к.т.н.  
Національний університет біоресурсів і природокористування України

## **АНАЛІЗ ТЕЛЕСКОПІЧНИХ НАВАНТАЖУВАЧІВ ДЛЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ СІНАЖУ**

Розвиток тваринництва неможливий без головного – кормової бази, яка є об'єктом виробництва галузі рослинництва. Кормовий раціон худоби складається з концентрованих, грубих та соковитих кормів. Зокрема соковиті корми мають складати в раціоні до 35 % в кормових одиницях.

Головним кормовим продуктом серед соковитих кормів є сінажі та силоси багаторічних природних та сіяних трав також кукурудзи, сорго та інших. Ми пропонуємо в даному підприємстві вирощувати сінаж з кормосуміші багаторічних трав.

Заготівля високоякісного сінажу передбачає швидкий збір та закладку маси в сінажні ями чи башти. Для покращення технологічності виїмки сінажу та зменшення втрат маси при цьому, нами планується розглянути обладнання для забору монолітної частини сінажу. Невід'ємною складовою обладнання для забору сінажу є навантажувач, зокрема телескопічний.

Також телескопічні навантажувачі можуть перевозити та складувати вантажі, виконувати висотні роботи, а взимку розчищати дороги від снігових заметів.

Проаналізуємо лідерів на ринку навантажувачів. Почнемо з навантажувача JCB 560-80 Agri Plus, який оснащується зерновим ковшем з максимальним об'ємом 5,7 м<sup>3</sup>. Його максимальна вантажопідйомність становить 6 т, висота підйому — 7,9 м. При повній висоті підйому вантажопідйомність складає 3 т. Відрізняється швидкою гідравлікою, яка покращилася за рахунок впровадження системи регенерації потоку гідравлічного масла. Радіус розвороту навантажувача становить 4,1 м.

Німецька компанія Claas славиться своїми комбайнами та тракторами. Але не менше уваги приділяється і телескопічним навантажувачам, лінійка яких постійно удосконалюється й оновлюється. Claas Scorpion 9055 є найпотужнішим навантажувачем серії. Навантажувач обладнаний двигуном Deutz потужністю 156 к.с., завдяки якому Scorpion 9055 може розвивати швидкість до 40 км/год. Вантажопідйомність навантажувача сягає 5,5 т, а довжина вильоту стріли — 8,7 м. Для більш гнучкого керування передбачений поворот керованих коліс на 40°.

З усіх лінійок телескопічних навантажувачів Manitou важко виділити якусь одну модель. Тому можемо оглянути одного представника з найбільшою вантажопідйомністю та одного з найдовшою стрілою.

Manitou MT-X 1840 може піднімати вантажі на висоту 17,55 м. При цьому його максимальна вантажопідйомність сягає 4 т, які він може підняти

на висоту 11 м. На максимальну ж висоту він може підняти до 2,5 т зі стабілізаторами. Завдяки різному навісному обладнанню MT-X 1840 має дуже широку функціональність.

Manitou MLT-X 960 серед інших навантажувачів бренду виділяється потужнішим двигуном та більшою вантажопідйомністю. Ця модель має двигун John Deere потужністю 137 к.с. Довжина вильоту стріли MLT-X 960 дещо менша за свого попередника у цьому списку і сягає 9 м. Але максимальна вантажопідйомність у нього більша — 6 т, які навантажувач може підіймати на висоту до 7 м. Перевагою MLT-X 960 є також його безступінчата трансмісія.

Щодо навантажувачів CAT то в Україні можна знайти останню модель TH514D. Вона має двигун потужністю 100 к.с. Вагу до 5 т навантажувач цієї моделі може підіймати на висоту до 14 м. CAT TH514D може працювати на максимальній швидкості до 20 км/год. Радіус розвороту навантажувача дещо більший за своїх попередників зі списку і становить 5,6 м.

Massey Ferguson (MF TH.7038) обладнаний двигуном потужністю 130 к.с. Вагу у 3,8 т MF TH.7038 піднімає на висоту до 7 м. Завдяки вузькій рамі і великому куту повороту коліс, радіус розвороту становить усього 3,7 м.

У компактних навантажувачах Weidemann поєднуються потужність, маневреність і багатозадачність. Модель T6027 має двигун потужністю 74 к.с., максимальна висота навантажувача сягає 6,5 м, а вантажопідйомність понад 5 т. Завдяки навісному обладнанню навантажувач Weidemann може виконувати дуже широкий спектр робіт, чи не найширший серед представників цього списку. Окрім звичних ковшів для риття землі, перевантажування зерна, відвалів для кормів, кліщів для силосу, також є косарка для обкошування трави, контейнер для відходів, земляний бур та багато іншого.

Італійська компанія Merlo спеціалізується на виробництві навантажувачів. Телескопічні навантажувачі створені спеціально до різноманітних потреб аграріїв. В Україні останнім представником серії потужних машин Turbofarmer є модель P 41.7. Цей навантажувач є одним з найпотужніших у нашому списку, його двигун має 140 к.с. Максимальну вагу 4,1 т «італієць» може піднімати на максимальну висоту 7 м. Максимальна швидкість, яку може розвивати P 41.7 — 40 км/год. Радіус повороту навантажувача становить 4,8 м.

Kramer — ще один представник компанії, яка спеціалізується на виробництві навантажувачів. Німецькому виробнику вдалося створити потужну модель з великою вантажопідйомністю, висотою стріли та порівняно невеликим радіусом розвороту. Kramer 5509 може підіймати вантажі вагою 5,5 т на висоту до 8,7 м. Радіус повороту при цьому складає 4,3 м. Щоправда спектр навісного обладнання цього навантажувача не є надто різноманітним. До нього входять ковші для різних потреб та палетні вила.

Італійська компанія Dieci, з 1982 р. займається лише виробництвом телескопічних навантажувачів. Саме тому спектр навантажувачів дуже розмаїтий і поділений на два сектори: сільське господарство та будівництво. Щоправда в Україні представників цього бренду не дуже багато. Одним з

найпотужніших є модель Isagus 40.17. Навантажувач має двигун зі 127 к.с. та може підіймати вантажі вагою до 4 т на висоту до 17 м. До того ж навантажувач має не дуже великий радіус повороту — 4,4 м.

Чи не головною перевагою американського навантажувача Bobcat T40170 є довжина вильоту стріли. Вона одна з найдовших серед усіх представників цього списку — 17,4 м. З використанням стабілізаторів на таку висоту навантажувач може підняти вантаж вагою 2,5 т. Максимальна ж його вантажопідйомність — 4 т. Потужність двигуна T40170 становить 100 к.с. Також цей навантажувач вирізняється і більшим, ніж у інших, радіусом повороту — 5,8 м.

Телескопічні навантажувачі є невід'ємною частиною ведення тваринництва. Кожен фермер обирає транспортний засіб, виходячи з інтересів свого господарства. Основна система телескопічного навантажувача - гідравліка. При виборі навантажувача варто приділити особливу увагу до типу гідронасоса та його продуктивності, що визначають швидкість роботи, ефективність навантажувача, а також окупність машини. Найбільш передовим рішенням на сьогоднішній день є гідронасос аксіально-поршневого типу з продуктивністю 140 і більше літрів на хвилину. Високий потік гідравлічної оливи важливий не тільки для швидкості навантаження, але і для можливості техніки керувати робочими органами з гідроприводом. Так, наприклад, при використанні силосно-відрізного захвачування обов'язково потрібно високопродуктивна гідравліка, інакше навісне обладнання не зможе якісно вирізати силос з щільно утрамбованої траншеї.

Перелік використаних джерел:

1. Переваги телескопічних навантажувачів cat®. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://zeppelin-agro.com.ua/about/news/perevagi-teleskopichnikh-navantazhuvachiv-cat/>
2. Телескопічні навантажувачі: хто серед кращих в Україні. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://traktorist.ua/articles/3111-teleskopichni-navantajuvachi-hto-sered-kraschih-v-ukrayini>
3. Телескопічні навантажувачі маніту у виробництві біопалива. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://voltech.com.ua/news/teleskopichni-navantazhuvachi-manitu-u-virobnictvi-biopaliva/>
4. Як обрати надійний телескопічний навантажувач: поради експерта. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://mizez.com/news/yak-obraty-nadiyniy-teleskopichniy-navantazhuvach-po>
5. Телескопічні навантажувачі Massey Ferguson. Електронний ресурс. Режим доступу: [https://zeppelin-agro.com.ua/about/news/teleskopicheskie\\_pogruzchiki\\_massey\\_ferguson/](https://zeppelin-agro.com.ua/about/news/teleskopicheskie_pogruzchiki_massey_ferguson/)
6. Як вибрати телескопічний навантажувач для ферми  
Режим доступу: <https://hydro-maximum.com.ua/ua/a349859-kak-vybrat-teleskopicheskij.html>

М. В. Голотюк<sup>1</sup>, к.т.н., О. П. Герасимчук<sup>2</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup>Національний університет водного господарства та природокористування

<sup>2</sup> Луцький національний технічний університет

## АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ДОТИЧНОЇ СИЛИ ТЯГИ

Ґрунти Поліської зони Рівненської області характеризуються низькою несучою здатністю, що пояснює невисоку ефективність використання машино – тракторного парку господарств.

Перспективним напрямком підвищення ефективності використання енергетичних засобів є зменшення нормального тиску на ґрунт і підвищення тягово – зчіпних властивостей [1, 2, 3].

Нами була висунута гіпотеза щодо можливості зменшення тиску на низько несучі ґрунти шляхом обладнання енергетичного засобу рушієм схема якого наведена на рис. 1 [4].

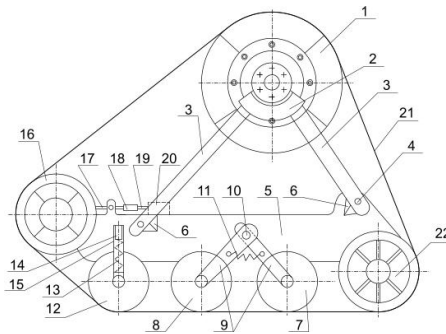


Рис.1- Гусеничний рушій: 1-ведуче колесо, 2-дискові накладки, 3-стояк,4-пустотілі трубки, 5-рама, 6-косинки, 7, 8-опорні котки, 9-важелі з віссю 10, 11-пружина, 12-опорні котки, 13-пружина, 14-пластина, 15-паз, 16-натяжні колеса, 17-піввісь, 18- римська гайка, 19-піввісь, 20-виступ рами, 22-гумоармована гусениця, 22-направляюче колесо [4].

З метою перевірки даної гіпотези необхідно встановити закономірності формування дотичної сили тяги  $P_k$ .

Дослідження проводились у два етапи:

1) аналіз чинних досліджень природи утворення дотичної сили тяги для ходових систем;

2) безпосереднє проведення власних теоретичних досліджень із врахуванням встановлених на першому етапі нерозкритих питань.

Нижче викладено результати виконання першого етапу досліджень.

Аналіз літературних джерел виявив два основних підходи до алгоритму утворення дотичної сили тяги.

Перший підхід базується на твердженні, що дотична сила тяги є сумою сили зачеплення й сили тертя опорної ділянки рушія по поверхні поля (дороги) [5, 6]:

$$P_k = \mu G + \sigma F, \quad (1)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт тертя сталі по ґрунту;

$G$  – експлуатаційна вага трактора;

$\sigma$  – середнє горизонтальне напруження ґрунту;

$F$  – сума вертикальних проєкцій опорних поверхонь ґрунтозачепів, які дотикаються ґрунтової поверхні.

Авторами стверджується, що зусилля пресування ґрунту зачепами рушія є нерівномірними та зростають вздовж опорної поверхні рушія. Причому максимально ґрунт спресовується під зачепом, який підходить до кінця опорної поверхні.

Але, слід зауважити, що дані теоретичні положення було спростовано у роботах В.А Скотнікова, П.Є. Харченко [7,8]. Вчені шляхом експериментальних досліджень довели, що деформація ґрунту зачепами у горизонтальному напрямку практично відсутня. Дослідники заперечують зростання навантаження на ґрунтозачепи за умови їхнього наближення до задньої упорної кромки гусеничного рушія. Крім того, у ході експериментальних досліджень виявлено, що по мірі наближення ґрунтозачепів до задньої упорної кромки гусеничного рушія збільшується зміщення ланок у напрямку переміщення трактора [9].

У роботі В.П. Бойкова [10] запропоновано визначати дотичну силу тяги за залежністю:

$$P_k = \sum_{i=1}^n P_{\tau i} + \sum_{i=1}^n P_{CPI}, \quad (2)$$

де  $\sum_{i=1}^n P_{\tau i}$  – сума реакцій ґрунту, що виникають за рахунок зсуву;

$i$  – число ґрунтозачепів на опорній поверхні рушія;

$\sum_{i=1}^n P_{CPI}$  – сума реакцій ґрунту, які обумовлені зрізом.

Якщо проаналізувати явища, які відбуваються в процесі взаємодії гусеничного рушія з ґрунтом, то приходимо до висновку, що визначення дотичної сили тяги за [10] найкращим чином відображає їхню фізичну сутність.

Але, на наш погляд, використання даної залежності ускладнює процес розрахунків дотичної сили тяги. Це пояснюється тим, що на величину реакцій  $P_{\tau i}, P_{CPI}$  будуть впливати фізико – механічні властивості ґрунту, зокрема вологість, щільність, а також робоча швидкість руху енергетичного засобу, конфігурація гусеничного обводу та інші фактори, які часто важко врахувати через їхню мінливість.



Виконаний аналіз чинних досліджень формування дотичної сили тяги енергетичних засобів дозволив встановити що залежності, які запропоновані авторами, не розкривають у повній мірі фізики даного процесу. Зокрема не врахованою залишається нерівномірність розподілу нормального тиску вздовж поверхні контакту рушія з ґрунтом.

Враховуючи вище зазначене, для перевірки висунутої гіпотези щодо можливості зменшення тиску на низьконесучі ґрунти шляхом обладнання енергетичного засобу рушієм, розробленої конструкції, необхідно обґрунтувати математичну модель для визначення дотичної сили тяги, яка буде враховувати нерівномірність розподілу нормального тиску по довжині гусениці, а також фізико – механічні властивості ґрунту.

Перелік використаних джерел:

1. Гуськов, В. В., Велев Н. П., Атаманов Ю. Е. и другие Тракторы. Теория. Учебник для студентов по спец. «Автомобили и тракторы»/ В.В. Гуськов и др.; под. общей ред. В.В. Гуськова - М.: Машиностроение, 1988. 376 с.
2. Скотников В.А., Машенский А. А., Солонский А. С. Основы теории и расчёта трактора и автомобиля. М.: Агропромиздат, 1986. 383 с
3. Беккер М.Г. Введение в теорию систем местность-машина. М.: Машиностроение, 1973. 418 с.
4. Гусеничний рушій для мінітрактора: пат. 129234 Україна: МПК В62D55/08 № 201804336; заявл. 20.04.2018; опубл. 25.10. 2018. Бюл № 20
5. Канделя М.В. Исследование и обоснование уровня различных типов гусеничных ходовых систем уборочно-тракторных машин: дисс.... канд. техн. наук: 05.20.01./ Дальневосточный научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрофикации сельского хозяйства. Биробиджан, 1997. 162 с.
6. Чудаков, Д. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. Москва: Колос, 1972. 384 с.
7. Скотников В. А., Машенский А. А., Разумовский М. А., Чумалин Л. К. Проблемы современного с.-х. тракторостроения. Минск.: Высшая школа, 198 . 208 с.
8. Харченко, П.Е. Влияние конструктивных параметров гусеничного движителя на тяговые качества тракторов. Автомобильная и тракторная промышленность, 1952, №3. С.15-19.
9. Скотников, В.А. Исследование проходимости гусеничных болотных тракторов: дисс....канд.техн.наук.: 05.20.01. Минск, 1963. 165 с.
10. Бойков, В.П. Агроэкологическая концепция выбора ходовых систем сельхозтехники. Ecological aspects of mechanization of fertilizers application plan protection, soil tillage and crop harvesting. Варшава, 2003. С.27-29.

В.П. Горобей, д.т.н.

Науково-виробниче об'єднання «Селта» Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

## **КОНСТРУКТИВНЕ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ І МАШИН ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНО-НАСІННИЦЬКОЇ РОБОТИ**

Процеси селекційної і селекційно-насіницької роботи є пріоритетними в забезпеченні підйому сільськогосподарського виробництва. Селекція є найефективнішим, найдешевшим і найдоступнішим засобом для збільшення виробництва сільськогосподарської продукції. Вклавши у неї тисячу, пожинаємо мільйон [1].

Механізація селекційної роботи являється складовою ефективності виведеного високоврожайного сорту, а розробка ефективних робочих органів і машин для якісного виконання технологічних операцій в селекції і насінництві є актуальною науково-прикладною проблемою на шляху розвитку рослинницької галузі України. Основна складність у створенні комплексу машин для селекційно-насіницької роботи полягає в тому, що на різних етапах селекційного процесу для виконання однієї і тієї ж самої операції необхідні різні машини. Наприклад, для виконання посіву і збирання селекційного матеріалу необхідні механічні засоби 4-х типорозмірів. Крім того, селекційно-дослідна робота висуває до машин специфічні вимоги, виконання яких обов'язкове. Основна з них не допустити змішування насіння різних сортів, потомства і ліній, коли в процес втручається довільний чинник перезапилення і спотворюється оцінка матеріалу, що досліджується. Це, зрештою, веде до невиправданих витрат праці вченого і затягує процес створення бажаного номера або сорту [2]. Розробку і випуск селекційної техніки для кормових трав, овочевих культур і ряду технічних культур ( льону, конопель, тютюну, бавовника, тощо) проводили в НВО «Селекційна техніка» (м. Сімферополь) спільно з галузевими НДІ сільського господарства. З 1992 р. НВО було перейменовано і увійшло до структури УААН, за результатами аналізу потреби селекційної техніки (понад 100 машин за станом на 2009 р.) провідними селекційними установами ( 27 обстежених) розпочата робота над комплексом селекційної техніки для вирішення проблеми підвищення врожайності зернових і забезпечення стабільних врожаїв [2,3]. Проект розробленої системи машин для селекційно-насіницької роботи в Україні включав 280 найменувань технічних засобів [4-6]. Запропоновано новий напрям, суть якого полягає в розробці і реалізації системи селекційно-насіницького висіву насіння для ефективного використання технологічних особливостей з метою створення високопродуктивних енергоощадних

селекційних сівалок. Наведений системний підхід до селекційно-насіницької сівби на дослідних ділянках обґрунтовує застосування в селекційних сівалках системи електронного автоматичного керування котушковим висівним апаратом, комбінованих робочих органів для рядкової сівби насіння в підготовлений ґрунт за традиційною технологією та для розкидної сівби насіння з мінімальним обробітком ґрунту, універсальних сошникових вузлів, що комплектуються залежно від вимог технологій, що досліджуються, конструктивних і конструктивно-компонувальних частин сівалок [7].

Основні засоби механізації технологічних операцій селекції зернових культур, за виключенням зернозбиральної техніки, були розроблені на базі використання перспективних технічних рішень, дослідні зразки пройшли відомчі приймальні випробування та були підготовлені до серійного виробництва на замовлення. Актуальними залишаються питання подальшого вдосконалення робочих органів і машин для селекційно-насіницької роботи, а саме: для додаткової підготовки ґрунту, висіву насіння, обмолоту, калібрування, очищення та технічного сервісу.

Для вирішення нагальних задач були проведені дослідження робочих органів з новими технічними рішеннями в лабораторних і польових умовах, розроблена конструкторська документація та виготовлені експериментальні та дослідні зразки фрези навісної для передпосівного обробітку ґрунту, культиватора фрезерного, порційного висівного апарату селекційної сівалки, сівалки селекційної касетної, молотарки кукурудзяної селекційної, молотарка-тертки селекційної, трієра селекційно-насіницького, пневматичного сепаратора-сортувальника колонного типу. Для технічного сервісу запропоновані технічні рішення роторної косарки та транспортного шасі.

Конструкція базової фрези ФНС-1,5 для передпосівного обробітку ґрунту при проведенні селекційно-насіницьких робіт з сільськогосподарськими культурами укомплектована ротаційними робочими органами - ножами, частина яких традиційно відігнута під кутом 90°, при цьому основа ґрунтового ложа формується у вигляді хвильоподібних гребінців і не задовольняє агротехнічним вимогам для висіву насіння. При фрезеруванні вологого і засміченого ґрунту рослинні рештки зависають на відігнутих частинах ножів і намотуються на барабан, що приводить до непрацездатного стану машини. Крім того привід фрезерних ножів здійснюється через циліндричні редуктори, що приводить до частих їх поломок і трудоемних процесів заміни. Запропонована конструкція фрези навісної для передпосівного обробітку ґрунту, яка містить раму, конічний редуктор, фрезерний барабан з дисками і ножами, опорні лижі, кожух з гребінкою. Вона забезпечена підрамником, що прикріплюється до несучого бруса рами, у кронштейни якого встановлюються додаткові робочі органи культиваторні стрілочасті лапи таким чином, що носок лапи при роботі фрези знаходиться в канавці, що прорізається в шарі ґрунту ножами, укріпленими на з'єднанні

диску, привод руху фрезерного барабану від конічного редуктора здійснюється ланцюговими передачами, а фрезерні ножі легко відігнуті на кінцях, при чому кут відгину не перевищує  $45^\circ$ , а для збереження агротехнічного допуску, вирівняного ґрунтового ложа, при підвищеній робочій швидкості агрегату, для регулювання подачі до 4 см на ніж, передбачено можливість збільшення кількості односторонніх ножів на диску барабану до 3-х [8]. Дослідженнями експериментального зразка фрези встановлено, що вона дозволяє зменшити енергоємність передпосівного обробітку ґрунту, а також підвищити якість технологічного процесу і її експлуатаційну надійність в роботі.

Для розпушування ґрунту та знищення бур'янів в міжряддях та між ділянкових доріжках селекційних ділянок просапних культур, як базова машина застосовується розпушувач фрезерний РФ-4. Недоліками даної конструкції розпушувача є ненадійність приводу робочих фрез, недостатня міцність зубчастих передач та низька продуктивність. тому в основу його модернізації поставлена задача підвищення надійності і продуктивності роботи культиватора фрезерного для розпушування ґрунту та знищення бур'янів в міжряддях та міжділяночних доріжках селекційних ділянок просапних культур, а також розширення технологічних можливостей. Поставлена задача вирішується тим, що в конструкції культиватора фрезерного, який має раму з замком автоматичного зчеплення, на якій закріплені опорні колеса, робочі секції та привод робочих секцій, що складається з центрального редуктора з карданним валом, згідно винаходу, на привод активних робочих органів від валу центрального редуктора встановлена ланцюгова передача (замість зубчастої редукторної), проміжні центральні вали з'єднані між собою ланцюговими муфтами, кількість робочих секцій для одночасної роботи збільшена до шести, для обробітку ділянок з різними схемами висіву встановлюють 6, 4 або 2 робочі секції для обробітку міжрядь шириною 0,45, 0,50 і 0,60 м та менше 0,45м, а для попередження виходу з ладу робочих органів при перенавантаженнях встановлено запобіжну муфту, яка забезпечена дисковим сигналізатором з отворами та пластинчастою пружиною з сферичним виступом [9]. Дослідний зразок культиватора фрезерного навісного з розширеними технологічними можливостями, з запропонованими технічними рішеннями стало працював на дослідних ділянках. За підсумками відомчих приймальних досліджень культиватор рекомендований до виробництва.

На касетних селекційних сівалках модельного ряду СКС з автономним висівом насіння в шість рядків з горизонтальних касетних блоків застосовується висівний апарат з індивідуальним приводом циліндра і конуса висівного апарату від гідросистеми трактора, яка складається із гідроциліндра двосторонньої дії з реєчною передачею обертання і карданних телескопічних валів, що затрудняє його застосування. Тому в основу модернізації поставлена

задача розробити конструкцію висівного апарату селекційних сівалок для висіву на II та III етапах зернових і ефіроолійних культур, спростити конструкцію приводу, розширити технологічні можливості, підвищити рівномірність розподілу порції насіння при висіві та надійність. Поставлена задача вирішується тим, що висівний апарат селекційної сівалки, який містить корпус з завантажувальним циліндром і висівним конусом, який огинає еластична спідниця, ребра жорсткості, привод конусу і еластичної спідниці, зубчасте колесо, підшипники, копір, ролик для відтягування спідниці, ролик копіра, заслінку, насінневідвідний канал згідно технічного рішення обладнаний верхньою і нижньою нерухомими підставами з'єднаних шпильками, а між ними обертаються на подвійних підшипниках на вертикальній осі розподільний конус і корпус стакану через зубчасте колесо, що приводиться в обертання шестірнею крокового двигуна, живильного від електросистеми трактора через мікропроцесорний блок керування, закріплений на верхній підставі, при цьому із дном корпусу стакану через шарикопідшипники з'єднана трубчаста вісь, що має у верхній частині завантажувальну лійку і внутрішню напрямну лійку, конус і циліндр з'єднані жорстко трьома ребрами жорсткості під кутом  $120^\circ$ , які встановлені на  $1/5$  висоти вище основи конусу під кутом  $45^\circ$  мають висоту не більше  $1/5$  висоти конуса, а у пазах нижньої підстави встановлений відвідний ролик з можливістю регулювання його положення гвинтовим механізмом, корпус постачений також заслінкою, взаємодіючою з копіром, закріпленим на нижній підставі [10]. Недоліками ряду сівалок СКС являється також використання шести базових сошників промислових сівалок для сівби на ґрунті підготовленому за традиційною технологією: дводискових чи анкерних, а також уніфікація пристосування для кріплення сошникової групи даних типів сошників, що унеможливило її застосування для сівби та досліджень нових сортів сільськогосподарських культур за енергоощадними mini-till та no-till технологіями. Тому є актуальною задача забезпечення конструкцією сівалки з висівними апаратами автономного розподілу і висіву різних номерів насіння за енергоощадними технологіями з мінімальним обробітком ґрунту і по стерні, спрощення конструкції сошникової групи, розширення технологічних можливостей та підвищення надійності. Поставлена задача вирішується тим, що для розширення технологічних можливостей сівалка селекційна касетна, яка містить раму, контейнер, касетний стіл, насіннепроводи, завантажувальні циліндри з висівними конусами, сошники, прикочувальні пристрої, коробку програми, коробку передач забезпечена підрамником з сошниковими вузлами, що мають зубчастий чи гладкий дисковий ніж закріплений на двопружинному механізмі, установлений перед сошниками (анкерного типу чи стрілкою) під кутом до напрямку руху, наприклад до  $4$  градусів, а за ним на паралелограмній підвісці з притискною пружиною закріплений на корпусі

сошник з механізмом регулювання глибини його ходу і підпорно-прикочувальним пристроєм [11].

Конструкція вдосконаленої молотарки кукурудзяної селекційної на електродвигуні, який приводить пристрій луцильних робочих органів, від його валу обладнана перетворювачем частоти та ланцюговою передачею руху встановленого співвідношення, молотильний апарат забезпечений пристроєм для одночасного луциння двох качанів кукурудзи, окремо взятих меншого і більшого січення, а конічні терткові диски забезпечені чотирирядними конусоподібними шипами висотою 15 мм, що розташовані зі зміщенням назовні першого від краю ряду наполовину висоти шипа, при цьому шипи мають еластичне покриття, з регульованим натискним зусиллям до конусоподібних завантажувальних стаканів, положення яких зафіксоване в пазах корпусів, які жорстко приєднані кронштейном до рами та закріплені на контактній дотичній під кутом  $60^\circ$  в напрямку обертання дисків з кутом нахилу поверхні  $5^\circ$  та забезпечені зсередини спіралеподібними направляючими колового руху, з можливістю повного обертання качана навколо своєї осі до виходу з конусоподібного звуження при загальному чи роздільному розвантаженні продуктів обробки [12].

Недоліками технічного рішення, що пройшло виробничу апробацію для обмолоту окремих рослин та пучків зернових та зонтичних ефіроолійних культур в лабораторних умовах досліджень на II і III етапах селекції є його висока енергоємність, складність виконання технологічного процесу та обслуговування, неможливість виконання процесів технологічних досліджень в лабораторних умовах з пучками рослин на другому та третьому етапах селекційних робіт, використання в польових умовах для обмолоту рослин на корені, тобто безпосередньо на селекційних ділянках. Тому була розроблена спрощена конструкція молотарки-тертки що підвищить питому продуктивність, знизить енергоємність процесу, забезпечить її використання для окремих рослин та пучків зернових та зонтичних ефіроолійних культур в лабораторних умовах досліджень на II і III етапах селекції та попередить змішування різних партій насіння. Молотарка-тертка селекційна містить на рамі встановлений диск з вертикальною віссю обертання, що рухається почерговими імпульсами через обгінну муфту, важелі і шатуни від ексцентрикового приводу, який з обох сторін охоплюють деки з відігнутими краями поверхні для введення колосків в щілину, величину якої задають між боковими поверхнями диску і деками, які у верхній частині зв'язані з рамою шарнірами, а в нижній частині з шатунами ексцентрикового приводу і створюють вібраційні коливальні рухи в площинах, паралельних площині диску, при цьому по обидва боки диск молотарки, а також робочі площини дек молотарки, зі сторони диску, мають еластичне покриття, а під диском і деками встановлена перегородка по стінці якої перетертий ворох має можливість направлятися в сепаратор для видалення полови з насіння[13].

В основу вдосконалення конструкції трієра поставлена задача створення такого трієра на відміну від базового, який забезпечує високий ступінь очистки насіння за рахунок того, що пристрій для виведення насіння з трієрного циліндра не залежить від частоти обертів трієрного циліндра і який є простий за конструкцією і зручний в експлуатації. В трієрі, який має раму, бункер, живильник у вигляді віброкотка, трієрний циліндр з приводом, що має можливість змінювати частоту обертів, трієрний жолоб для виведення насіння з трієрного циліндра, встановлений усередині трієрного циліндра, віброток живильника виконаний таким чином, що частина його розміщена усередині трієрного циліндра і він має отвір в дні та поперечну перегородку в зоні завантаження в трієрний циліндр, трієрний жолоб закріплений на вібротку усередині трієрного циліндра з можливістю повороту його навколо геометричної осі трієрного циліндра і не має дна [14].

Для підвищення ефективності очищення насіння, що важко очищається від споріднених за фізико-механічними властивостями домішок розроблений та витримав господарчі випробування пневматичний сепаратор-сортувальник колонного типу, який включає дві аспіраційні колонки і загальний вентилятор з уніфікованими робочими органами для підйому висхідним повітряним потоком завдяки аспірації і розподілення по фракціям по парусності суміші вихідного насіннєвого матеріалу, аспіраційні колонки забезпечені блоками з перфорованими перегородками для вторинного перерозподілу швидкості потоку за допомогою послідовно розташованих бар'єрних ромбоподібних спрямовувачів і установлених над ними і між ними відбійниками трикутної форми, при цьому поперечний перетин другої колонки менше першої, а нижні частини осадкових камер колонок обладнані пелюстковими затворами при автономному регулюванні швидкостей повітряних потоків в кожній колонці, що дозволяє відокремити домішки від насіння основної культури [15].

Для забезпечення технічного сервісу на селекційно-дослідних ділянках розроблені, виготовлені та випробувані перспективні транспортне шасі [16], на рамі якого встановлена вантажна платформа з відкидними в'їзними трапами та роторна косарка [17] уніфікована для агрегування з енергетичним засобом, що використовується для приводу селекційної сівалки. Виготовлений дослідний зразок транспортного шасі для транспортування знарядь, машин і при необхідності енергетичних засобів для забезпечення дослідних робіт на ділянках, пройшов господарчі випробування в фермерському господарстві «Пульс-7», Красногвардійського району. Експериментальний зразок роторної косарки, що навішується на енергетичний засіб фронтально, був виготовлений в НВО «Селта» на замовлення КФ НУБіП та працював декілька сезонів в його господарчих умовах для обкошування доріжок та захисних смуг та підтвердив надійність та перспективність технічного рішення.

Ефективність та перспективність запропонованих технічних рішень була підтверджена відомчими приймальними випробуваннями виготовлених дослідних зразків та господарськими – експериментальних.

Перелік використаних джерел:

1. Журавівська З. (2001). Селекція: вкладаємо тисячу, пожинаємо – мільйон/ Урядовий кур'єр.– № 132 (2059).
2. Горобей В.П., Красніченко О.Л. (2009). Технічне забезпечення селекційно-насінницької роботи/Вісник аграрної науки. –№8. – С.54-57.
3. Алексеева Е. (1997). «Селта» означает селекционная техника/ Крымская газета. – № 36 (1142).
4. Горобей В.П. (2010). Створення вітчизняної системи машин для селекційно-насінницької роботи в Україні//Наукові праці ПФ НУБіП України «КАТУ». – Сімферополь, – № 131. – С. 119-123. – (Сер. «Технічні науки»).
5. Горобей В.П., Лінник М.К. (2012).Селекційна техніка для зернових і зернобобових культур/ Вісник аграрної науки. –№11.– С. 49-53.
6. Адамчук В.В. , В.М. Булгаков, В.П. Горобей (2016). Актуальні аспекти розвитку механізації дослідних робіт в рослинництві / Вісник аграрної науки. – № 10. – С. 35-42.
7. Горобей В.П. (2016 ). Системний підхід до селекційно-насінницької сівби з умовними етапами/ Вісник аграрної науки. –№ 6.– С. 48-53.
8. Горобей В.П. (2019) Фреза навісна для передпосівного обробітку ґрунту. Патент № 132588, Україна.
9. Горобей В.П., Адамчук В.В. (2019) Культиватор фрезерний. Патент № 131495, Україна.
10. Горобей В.П., Литвиненко М.А., Булгаков В.М. (2018) Висівний апарат
11. Горобей В.П., Литвиненко М.А., Соколов В.М. (2019) Сівалка селекційна касетна. Патент № 132589, Україна.
12. Горобей В.П., Черчель В.Ю, Соколов В.М. (2020). Молотарка кукурудзяна селекційна. Патент № 141309, Україна.

1

З

4

5

Г

Б

Ф

УДК 631.3

А

Д. М. Грицака к.т.н.

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації  
їльського господарства» НААН України

В

Б

Н

ІІ

ІІІ



## ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ НА ПРОЦЕС ОБМОЛОТУ І СЕПАРАЦІЇ В МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУВАЛЬНОМУ ПРИСТРОЇ

Численні дослідження міцності зв'язку зерна з колосом показали, що співвідношення величини сили цього зв'язку і кількості обмолочених зерен розподіляється випадковим чином, підкоряючись нормальному закону розподілу [1]. Встановлено, що окружна швидкість барабана створює сили ударної дії, що призводить до вимолоту зерна. Режими молотильних пристроїв вибирають таким чином, що за рахунок удару вимолотити основну масу зерна, решту за допомогою перетирання при протягуванні стебел через утворені між бичами і планками деків зазори. Закономірності протікання технологічного процесу вимолоту обумовлені такими найбільш впливовими факторами, як швидкість руху матеріалу, величина сил, які діють на матеріал. На роботу молотильного пристрою дуже впливає правильний вибір частоти обертання барабанів і регулювання зазорів між барабаном і підбарабанням.

При недостатній частоті обертання спостерігається недомолот, а при підвищеній – пошкодження зерна та значне подрібнення стебел соломи. В останньому випадку утруднюється сепарування вороху, погіршується якість роботи комбайна, знижується його продуктивність і збільшуються втрати.

Факторами, що мають вирішальний вплив на процес обмолоту і сепарації в молотильно-сепарувальному пристрої (МСП) є швидкість (інтенсивність) ударів, час знаходження (експозиція), кількість ударів, що зазнає хлібна маса в робочому зазорі між барабаном та декою [2].

При обертанні з кутовою швидкістю  $\omega$  бичі барабана завдають ударів по хлібній масі, яка знаходиться в зазорі між барабаном та підбарабанням з кутom охоплення  $\alpha$ , що призводить до обмолоту і сепарації зерна в МСП.

Процес обмолоту та сепарації зерна в МСП залежить у першу чергу від кількості ударів, що зазнає зерновий матеріал під час обмолоту в молотильному зазорі і є функцією часу та залежить від положення порції на поверхні підбарабання (довжини підбарабання), швидкості руху маси в молотильному зазорі, кутової швидкості обертання, діаметра барабана та кількості бичів.

$$\frac{dn_{yД}}{dt} = f(l, V_M, D, z). \quad (1)$$

Для визначення кількості ударів, яка зазнає зерновий матеріал за час руху на ділянці підбарабання  $dl$  в молотильному зазорі, розглянуто порцію хлібної маси, що знаходиться на відстані  $l$  від початку підбарабання та рухається зі швидкістю  $V_M$  (рис. 1).

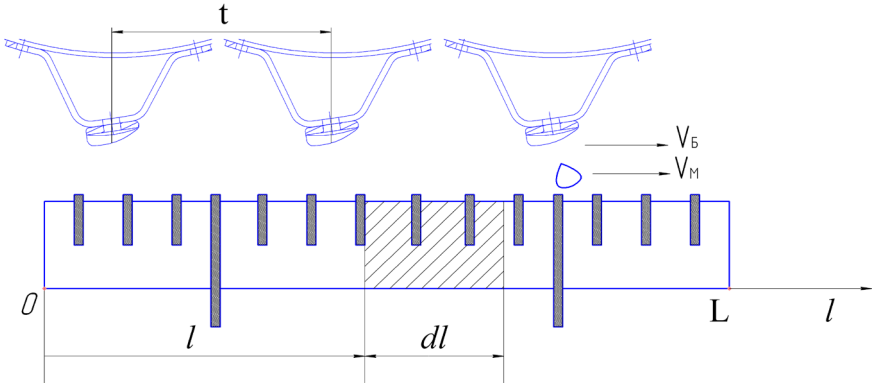


Рис. 1. Схема до визначення кількості ударів бичів барабана по порції хлібної маси

За час  $dt$  маса пройде відстань  $dl$ :

$$dl = V_M(t) \cdot dt. \quad (2)$$

Відстань  $L$ , яку проходить маса в молотильному зазорі, можна визначити із залежності:

$$L = f(t) = \int_0^{t_1} V_M(t) \cdot dt. \quad (3)$$

У той же час маса зазнає дії (ударів) бичів молотильного барабана.

$$\frac{dn_{уд}}{dt} = \frac{(\omega \frac{D}{2} - V_M) \cdot z}{\pi \cdot D}, \quad (4)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість обертання барабана, рад/с;  $z$  – кількість бичів;  $D$  – діаметр барабана, м.

Зазвичай параметром, що визначає інтенсивність обмолоту хлібної маси, приймають кутову швидкість молотильного барабана, що визначається:

$$V_B = \omega_B \cdot \frac{D}{2}. \quad (5)$$

Кількість ударів бичів, що зазнає хлібна маса за час руху на ділянці  $dl$ :

$$\frac{dn_{уд}}{dt} = \frac{(V_B - V_M)}{\pi} \cdot \frac{z}{D}. \quad (6)$$

Провівши аналіз конструкцій МСП різних зернових комбайнів, було встановлено, що між значеннями (кількості бичів молотильного барабана і діаметром барабана) існує певна кореляція [2]. Тобто, співвідношення діаметра барабана до кількості бичів, буде характеризувати конструкційні особливості барабана:

$$K_B = \frac{D}{z}. \quad (7)$$

Ураховуючи швидкість руху хлібної маси в робочому зазорі між барабаном і декою, отримаємо:

$$dt = \frac{dl}{V_M}. \quad (8)$$

Зробивши припущення, що швидкість руху маси в молотильному зазорі збільшується пропорційно довжині підбарабання [2-3], можна записати:

$$V_M = V_0 + \frac{V_{\text{вих}} - V_0}{L} \cdot l \quad (9)$$

де  $V_0$  – швидкість маси на вході в зазор молотильного барабана, м/с;

$L$  – довжина решітки підбарабання, м;

$V_{\text{вих}}$  – швидкість маси на виході з молотильного барабана, м/с.

Із врахуванням коефіцієнтів співвідношення  $D$ , барабана  $K_B$ , до кількості бичів, кількість ударів, що зазнає хлібна маса на ділянці підбарабання:

$$\frac{dn_{\text{уд}}}{dl} = \frac{(V_B - V_M)}{\pi \cdot V_M \cdot K_B} \quad (10)$$

Процес сепарації розглядається в залежності від довжини підбарабання, як частка зерна, що залишається в хлібній масі за довжиною підбарабання, що можна описати експоненційними залежностями:  $Y = e^{-c \cdot l}$  [4-6]. На коефіцієнт сепарації, що входить у дану залежність, впливають багато факторів: вид культури, конструкційно-технологічні параметри та режим роботи МСП тощо. Зазвичай його визначають експериментальним шляхом.

Перелік використаних джерел:

1. Кузин Г.А. Интенсификация процессов обмолота и сепарации в молотильных аппаратах зерноуборочных комбайнов. Дис...д-ра техн. наук. – Ростов н/Д, 1989. – 505 с.
2. Sheychenko V., Anelak M., Kuzmych A., Gritsaka O. Investigation of the grain separation process in the three-drum threshing-separating device of a combine harvester. *Mechanization in agriculture*. 2018. Vol 64, Issue 2, P 42 – 45
3. Ломакин С.Г. Зерноуборочные комбайны. *Аграрное обозрение*. 2010. №3. С. 22 – 31.
4. Грицака О.М. Теоретичні дослідження процесів обмолоту та сепарації хлібної маси молотильно-сепарувальним пристроєм. *Механізація та електрифікація сільського господарства / ННЦ «ІМЕСГ»*. Глеваха, 2020. Вип. № 12 (111). С. 60–66.
5. Шейченко В.О. Дослідження травмування насіння комбайнами з різними технологічними схемами обмолоту / В. О. Шейченко, М. М. Анеляк, А. Я. Кузьмич, С. О. Кустов, О. М. Грицака. *Науковий вісник НУБІП. Серія : Техніка та енергетика АПК*. Київ, 2015. №226. С. 133 – 140.
6. Грицака О.М. Особливості обмолоту зерна трибарабанною молотаркою. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж. наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ»*. Глеваха, 2016. Вип. №3 (102). С. 68 – 74.

В.А. Гусев, аспірант, І.М. Дударев, д.т.н.  
Луцький національний технічний університет

## ОСОБЛИВОСТІ СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНА ТА НАСІННЯ

Сепарування зерна та насіння сільськогосподарських культур – це важлива технологічна операція під час первинного перероблення та закладання урожаю на зберігання. Сепарування зерна проводять як у господарствах, так і на елеваторах, борошномельних та круп'яних виробництвах, у виробництві комбікормів, преміксів тощо.

Усі сепаратори сипких матеріалів за усього їх конструктивного різноманіття мають одну узагальнену ознаку: процес поділу неоднорідних сумішей на фракції у них проходить в полі дії сил тяжіння.

Основні завдання під час сепарування зерна та насіння сільськогосподарських культур полягають у наступному [1]:

1. Очищення зерна від сміттєвих та зернових домішок, які небажані в готовій продукції або знижують її якість. У деяких випадках домішки можуть погіршувати умови зберігання, транспортування зерна, а також його перероблення.

2. Сортування зернової маси на фракції для перероблення в продукти різного призначення.

3. Розділення зерна на фракції для ефективного перероблення в продукти однакового призначення з метою оптимізації подальших технологічних операцій. Наприклад, проводиться технологічна операція попереднього розділення зерна гречки на фракції за розміром для створення сприятливих умов для процесу її лущення і зменшення відходів виробництва.

4. Вилучення проміжних продуктів з метою їх подальшого роздільного оброблення.

5. Контрольне сепарування готових продуктів з метою відокремлення випадкових домішок, надання однорідності кінцевому продукту, а також вилученню корисного зерна із відходів.

Процес сепарування зерна та насіння на решетах сепаратора складається із двох взаємопов'язаних стадій. Спочатку частинки суміші, яка сепарується, виокремлюються із внутрішніх шарів і концентруються в нижньому шарі сипкого матеріалу, а вже потім відбувається проходження частинки сипкого матеріалу дрібною фракції через отвори решета. Отже, сепарування буде ефективним, якщо відбуваються повною мірою обидві стадії. Ефективне сепарування забезпечується достатньою довжиною решета, допустимим питомим навантаженням на решето, раціональним вибором розмірів та форми отворів решета та матеріалу решета із урахуванням фізико-механічних та геометричних характеристик складових зернової маси.

Ефективність процесу сепарування також залежить від вологості складових зернової суміші, вмісту в ній фракцій, які проходять через решето.

У технологічному відношенні найбільш впливовими заходами, що визначають ефективність процесу сепарування сипких матеріалів, є корегування питомого навантаження на решето і підбір оптимального розміру та форми отворів решета. Отвори решета можуть забиватися частинками дрібної та крупної фракції зернової маси, що унеможлиблює подальше проходження дрібної фракції через отвори решета. Відповідно, поверхні сепарування повинні забезпечуватися ефективними механізмами для видалення частинок з отворів решіт, тобто механізмами очищення отворів решіт [2].

За умовами роботи окремих технологічних ліній, зокрема з первинного та вторинного очищення зерна, а також борошномельних, круп'яних і комбікормових виробництв, процес сепарування повинен проходити безперервно. Безперервність сепарування забезпечується такими факторами:

- безперервним і рівномірним подаванням зернової маси на решето;
- відносним рухом зернової маси по решету;
  - обов'язковим очищенням решета (видалення застряглих в отворах решета частинок зернової маси);
  - безперервним відведенням розділених фракцій зернової маси або відокремлених домішок.

Висока ефективність процесу сепарування також забезпечується раціональними значеннями кінематичних параметрів решета, головними з яких є число коливань за одиницю часу і амплітуда коливань. Під дією періодично виникаючих сил зернова маса на коливальному решеті розшаровується, простір між частинками маси збільшується, що зумовлює самосортування зернової маси. При цьому частинки із більшою щільністю переміщуються вниз шару зернової маси на решеті, а частинки із меншою щільністю – вверх. У результаті взаємного переміщення частинок зернова маса сортується не тільки за щільністю, але і за розміром. Оскільки більш дрібні і важкі частинки зернової маси проходять між великими частинками маси і концентруються в нижньому шарі зернової маси на решеті [3].

Перелік використаних джерел:

1. Авдеев, Н.Е. (1974). Сепаратор для разделения смесей по форме и свойствам поверхности. *Открытия, изобр., промышленные образцы, товарные знаки*, 39, 28–31.
2. Гортинский, В.В. (1964). Сортирование сыпучих тел при их послыном движении по ситам. *Труды ВИИМ*, 34, 49–54.
3. Громов, А.Г. (1972). Оптимизация процесса сепарирования. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1, 37–39.

О.О. Дереза, к.т.н., С.В. Дереза, ст. викладач

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **АНАЛІЗ ВИДІВ ПОКРИТТЯ ПІДЛОГИ В ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ ДЛЯ УТРИМАННЯ ВРХ**

Важливим елементом тваринницького приміщення є конструкція підлоги в місцях відпочинку тварин. З підлогою відбувається безпосередній контакт у тварини. Тепловтрати через підлогу можуть досягати 41,9 Дж / м<sup>2</sup> з поверхні тіла тварини на годину, а при тривалості контакту з підлогою протягом 12 годин втрати тепла тваринного відповідають калорійності 2...3 л молока. Для заповнення цих втрат тваринам доводиться витратити більшу кількість енергії, що призводить до збільшення витрат кормів, і, отже, собівартості молока [1,2]. Підлога повинна відповідати наступним гігієнічним вимогам: бути теплою, сухою, міцною, суцільною, еластичною, зручною для ефективної дезінфекції. Підлогу настилають безпосередньо на утрамбований на вологоізолюючий шар ґрунту.

Підлога в тваринницькому приміщенні знаходиться в умовах постійного впливу води, що визначає підвищену увагу до питання водопоглинання, водостійкості і водонепроникності матеріалу підлоги. Від вологості підлоги залежать теплофізичні характеристики. Вологість покриттів підлог, які перебувають в експлуатації, може сягати для бетону 6...10%, цегли 10...20%, деревини 20...55%. Крім того, в водонепроникних підлогах можуть зберігатися і розмножуватися збудники багатьох небезпечних захворювань, а їх дезінфекція практично неможлива, тому часто доводиться видаляти не тільки підлогу, а й ґрунт на достатню глибину. З цього випливає, що підлога повинна бути вологостійкою, щоб її можна було легко і ефективно дезінфікувати [3,4].

На практиці використовують різні конструкції підлоги: земляні, глинобитні, глинощобневі, цегляні, бетонні, керамзитобетонні, асфальтові, дерев'яні, металеві, гумові та з синтетичних матеріалів [5]. При виборі типу підлоги враховують силу і інтенсивність різних впливів на неї.

Іноді в одному приміщенні доцільно використовувати кілька видів підлог: наприклад - в стійлах - теплу і відносно м'яку підлогу (дерев'яну); в проходах - більш міцну, жорстку підлогу (бетонну). У корівниках при гідравлічних способах видалення гною застосовують щілині підлоги. Підлоги з утрамбованого ґрунту, глинобитні та глинощобневі підлоги більш прийнятні в корівниках при утриманні на глибокій підстилці.

Найбільш поширені - дерев'яні підлоги. Існують різні типи цих підлог. Дошчаті підлоги по бетонній або глиняній основі являють собою настил з дошок, прибитих до лаг, втоплених в утрамбований шар глини або бетону.

Шар повинен бути значної глибини і досить щільним. Товщина дощок повинна бути не менше 40 мм. Однак такі підлоги мають суттєві недоліки: термін служби їх не перевищує 2...3 роки, а частковий ремонт необхідний вже через кілька місяців після початку експлуатації; для дерев'яних підлог потрібна велика кількість деревини хвойних порід; при сильному зволоженні деревина стає слизькою. Відомі торцеві підлоги з обрізків деревини хвойних або твердих порід, але через високу вартість і складну технологію виготовлення їх застосування обмежене. Різновидом дерев'яних підлог є підлоги з тепловідбивним екраном, які дозволяють запобігти відтоку тепла від сільськогосподарських тварин і знизити теплові і енергетичні витрати.

Асфальтові підлоги водонепроникні, але в порівнянні з дерев'яними більш холодні. При високій температурі і впливу агресивного середовища (аміаку, дезінфекційних засобів) поверхня асфальтового покриття стає шорсткою, на ній з'являються нерівності і поглиблення, що ускладнює прибирання і дезінфекцію приміщення. Слід також враховувати, що нагріванні асфальт може виділяти отруйні і дратівливі для тварин речовини.

Бетонні підлоги влаштовують в корівниках при утриманні на глибокій підстилці, а також в інших приміщеннях поза зонами розміщення і відпочинку тварин. Бетонна підлога міцна, її легко очищати і дезінфікувати, але вона має високу теплопровідність. Особливо небезпечно утримувати на бетонних підлогах молодняк, найбільш чутливий до ревматичних простудних захворювань. Неприпустимо утримувати на бетонних підлогах дійних корів, так як це призводить до маститу і хвороб ратиць.

При влаштуванні бетонних підлог в місцях для відпочинку тварин, необхідно застосовувати теплоізоляційні щити, наприклад, дерев'яні, а також велику кількість підстилки або влаштувати електрообігрів.

У промисловому тваринництві широко застосовуються щільні підлоги. Вони, як правило, виготовляють з пінистого бетону, залізобетону, залізобетону з теплоізоляцією, чавуну і синтетичних матеріалів. При облаштуванні щільних підлог необхідно враховувати санітарно-гігієнічні вимоги до форми елементів, ширини верхньої грані і щілини, можливість проведення ефективного очищення, дезінфекції тощо.

Широке поширення знайшли монолітні і збірні підлоги з пінополістіролкерамзитобетону, пінополістіролшлакобетону, пінополістіролаглопорітобетону, які представляють собою двошарову конструкцію з легкого бетону і захисного розчинного покриття з цементовмістної композиції на основі відходів азбестоцементного виробництва. Основа товщиною 120...150 мм виконується з легкого бетону міцністю не нижче 7,5 МПа. Щільність таких бетонів з пінополістирольним заповнювачем складає не більше 700...900 кг/м<sup>3</sup>. Захисне покриття виконується товщиною 20...30 мм розчином міцністю 10 МПа.

Останнім часом в корівниках почали широко використовуватися гумові покриття (мати) - універсальний матеріал, який можна використовувати спільно з усіма іншими типами і видами основ - дощатою чи бетонною

підлогою, керамзитом, цеглою і навіть плиткою. Причини, за якими доцільно вибирати гумові настили: гігієнічність - гума легко миється, гладка поверхня не збирає бактерії і шкідливі мікроорганізми; високі міцнісні властивості - якісне покриття легко витримує масу дорослої тварини; гума добре утримує тепло, запобігає втраті енергії тваринами під час відпочинку; простота монтажу, заміни матів під час ремонту приміщень.

Окрім того гума легко витримує не тільки агресивне середовище всередині корівника, але і вплив бензину або масел, які можуть потрапити на її поверхню від сільгосптехніки. Вважається, що надійність і довговічність такої підлоги вище, ніж дерев'яної, а обслуговування - простіше. В цілому ж гумові покриття - універсальний спосіб захистити підлогу корівника, забезпечити надійну гідроізоляцію. Вартість матеріалу і його укладання менші, ніж при використанні інших видів - деревини або керамзиту, а довговічність - значно більша.

Підсумовуючи вище викладене можна зробити наступний висновок: підлога, при правильному її виборі та експлуатації, позитивно впливає на продуктивність корів і їх здоров'я. Вибір покриття підлоги залежить від конкретних техніко - економічних факторів, які склалися як в зоні розміщення господарства так і в самому господарстві.

Перелік використаних джерел:

1. Болтянська Н.І., Дереза С.В. Визначення основних заходів енергоефективного функціонування агропромислового комплексу України. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 426-431. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/boltjanska1.pdf>

2. Скляр О.Г. Механізовані технології в виробництві сільськогосподарської продукції. Посібник-практикум / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, Н.І. Болтянська. Мелітополь: Люкс, 2019. 303с.

3. Болтянська Н.І., Дереза С.В. Аналіз причин захворювання корів на субклінічний мастит. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 205-209. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/dereza-1-2020.pdf>

4. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б.В. Болтянський, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, С.В. Дереза. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

5. Болтянський Б.В., Дереза С.В. Забезпечення комфорту тварин у молочному скотарстві. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 20-24. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/boltjanskyj-b.v.-dereza-o.o.-dereza-s.v.-zabezpechennja-komfortu-tvaryn-u-molochnomu-skotarstvi.pdf>



В.Ф. Дідух, д.т.н., Д.В. Тарасюк, студент  
Луцький національний технічний університет

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

«Той фермер, який знекровлює землю і залишає її своїм дітям зовсім нікчемною, є жалюгідною істотою. Добрим фермером є той, хто перетворив свою землю в джерело свого добробуту і забезпечення освіти своїх дітей, хто залишає землю їм у спадок у кращому стані, ніж сам її отримав. Те ж саме, на мій погляд, повинно відноситися і до держави». [Теодор Рузвельт, президент США 1901-1910].

Деградаційні процеси ґрунтів України набирають обертів. Зокрема, це відбувається через неправильне використання земель аграріями, недооцінку небезпеки та відсутність державної підтримки щодо відновлення родючості ґрунтів. До таких слід віднести: втрату гумусу та поживних речовин на 43% орних площ, переущільнення – на 39%, замулювання та кіркоутворення – на 38%, водну ерозію (17%), підкислення та заболочування (14%), забруднення радіонуклідами та вітровою ерозією (11%), забруднення пестицидами (9,3%) та важкими металами (8%), засолення та залужування (4,1%), утворення ярів (3%). [1].

Відтак, дослідники визначили такі чинники деградації ґрунтів:

1. Співвідношення земельних угідь є неоптимальним з врахуванням їх розораності (площу ріллі варто було б зменшити на 6-8 млн. га).
2. Порушення агротехнологій через концентрацію територій в агрохолдингових компаніях.
3. Спрощення сівозмін, перехід на трьох - п'яти пільних систем землеробства з спрямуванням на виробництво монокультур.
4. Дефіцитний баланс основних поживних елементів і органічних речовин, через відсутність продукування органічних добрив тваринництвом (співвідношення між галузями рослинництва тваринництва складає як 70:30 відсотків).
5. Відсутність правових норм у сфері агропромислового виробництва та низька культура господарювання на землі.
6. Відсутність стратегії збереження ґрунтів і коштів, необхідних для підтримки їх родючості.

Проблема процесів деградації є загальнодержавною проблемою, адже один вид деградації провокує інший. Загалом видів деградації є більше сотні і якщо не розпочати ефективну боротьбу з ними, то ситуація може вийти з під контролю і територія України перетвориться з родючих чорноземів у «ґрунтове середовище».

До даної ситуації призвела недосконала земельна реформа, споживацьке відношення до землі сучасних господарів, знищення галуззі

тваринництва. Особливо потерпають ґрунти з низьким вмістом гумусу. Приведена таблиця 1 [2] вказує, що різке зменшення внесення органічних добрив розпочалась на межі тисячоліть і продовжується сьогодні.

Таблиця 1 Внесення органічних добрив під сільськогосподарські культури у Волинській області

	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
Внесено під всі посіви	1221	606	477	428	375	303	392
зернові та зернобобові культури (без кукурудзи)	94	91	84	72	45	30	63
технічні культури , всього:	483	186	77	70	90	50	73
кормові культури, всього:	513	298	270	224	172	142	155

Існує велика кількість ідей для виготовлення органічних добрив з місцевих сировинних ресурсів та їх використання під конкретні сільськогосподарські культури[3,4]. Останнім часом все частіше появляється інформації про перспективу вирощування та реалізації органічної продукції на світовому ринку з України. Органічне землеробство як альтернатива сучасним системам виробництва сільськогосподарської продукції розвивається досить давно. На жаль, в незалежній Україні цей процес традиційно відстає від передових країн світу. При цьому важливо відпрацювати не тільки технології їх вирощування, але й створювати сучасне технічне забезпечення. Адже відомо, що сучасна сільськогосподарська техніка не завжди задовольняє агротехнічні вимоги до змін вирощування сільськогосподарських культур.

Створення умов для реалізації наукових розробок при отриманні інноваційної сільськогосподарської продукції вимагає наступних кроків:

1. Розробку та затвердження стратегії розвитку галузей у регіонах, визначених за особливостями місцевих умов.
2. Проведення SVOT- аналізу окремих галузей.
3. Розробку та затвердження регіональних програм. При можливості переведення у розряд державних.
4. Розробку пілотних проектів.
5. Створення у регіоні ведучої структури за кластерною моделлю для отримання конкурентноспроможної продукції.
6. Орієнтація реалізації продукції на початковому етапі на внутрішній ринок.

Для створення нового обладнання для вирощування органічної продукції (рис. 1 на прикладі садіння картоплі) вказує на особливе бережливе ставлення до використання родючості ґрунтів.

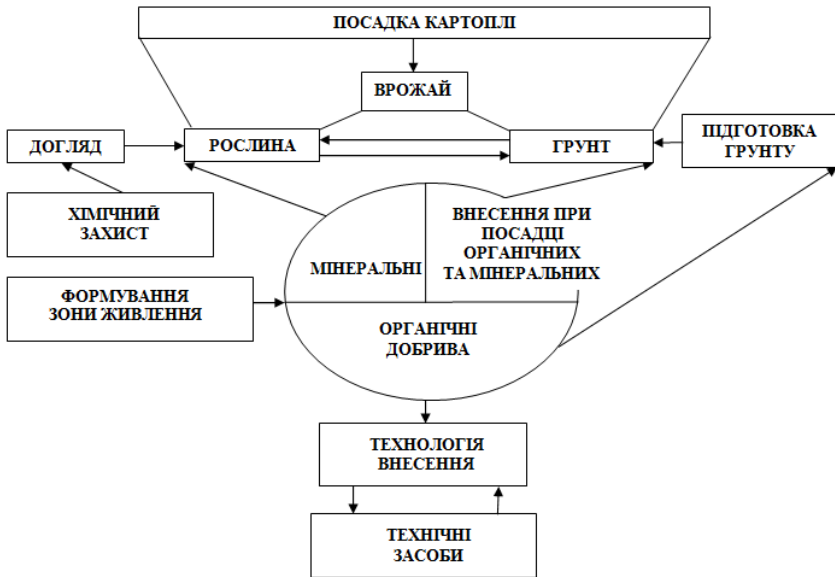


Рис. 1 Схема до наукового обґрунтування обладнання для посадки картоплі

Перелік використаних джерел:

1. <https://agronews.ua/news/v-ukraini-dehradatsiia-gruntiv-shvydko-nabyraie-obertiv/>
2. Використання мінеральних та органічних добрив. Статистичний збірник. За ред. В.Ю. Науменка. Луцьк, 2015. 73 с.
3. 4. Розвиток органічного виробництва / Федоров М.М., Ходаківська О.В., Корчинська С.Г.: за ред. М.М.Федорова, О.В.Ходаківської. – К.: ННЦ ІАЕ, 2011. – 146с
4. <https://agro.me.gov.ua/ua/napryamki/organichne-virobnictvo/organichne-virobnictvo-v-ukrayini>.
5. Дослідження садильного апарату картоплі пасивного типу Дідух В.Ф., Тарасюк В.В., Тарасюк Д.В.. Зб. наук. статей «Сільськогосподарські машини», вип.. Луцьк 2020 №44, с.41-45.
6. Машина для садіння картоплі з одночасним внесенням органічних і мінеральних добрив. Дідух В.Ф., Тарасюк Д.В., Ляшук В.М., Тарасюк В.В., Фомич М.І.. Патент на КМ № 143095, А01С 7/06(2006.01), А01С 15/00, бюл.№13.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ ГРУНТООБРОБНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ**

До теперішнього часу у вітчизняній і зарубіжній науковій літературі з питань тертя і зношування накопичено об'ємний експериментальний, теоретичний і практичний досвід, що стосується їх випробувань при абразивному зношуванні [1, 2]. У той же час методологія питань підвищення зносостійкості матеріалів і прогнозування їх здатності до опору руйнуванню при абразивному взаємодії в конкретних умовах експлуатації деталей залишається в сфері компетентності висококваліфікованих фахівців, здатних змоделювати складний взаємозв'язок різних факторів і явищ, що враховуються при постановці і вирішенні такого завдання.

Зараз найбільш гостро стоїть проблема підвищення довговічності і зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин [3]. Це обумовлено високою складністю механізму взаємодії ґрунтообробних деталей з ґрунтом, абразивним середовищем, що володіє значними показниками по твердості, міцності, має широкий діапазон гранулометричних параметрів. Значний вплив на зносостійкість лемешів, культиваторних лап і інших деталей надають зовнішні параметри їх експлуатації: швидкість відносного переміщення абразивної маси, конструктивне розташування поверхонь, наявність ґрунтової вологи.

Проведені раніше дослідження [4] показали, що створення лабораторних установок, здатних відтворити адекватні умови зношування робочих органів ґрунтообробних машин, практично неможливо і не має економічної доцільності.

Метод випробувань стрілочастих лап в польових умовах був запропонований і обґрунтований раніше [5]. Однак він вимагає додаткової опрацювання з позиції багатфакторного підходу при випробуванні матеріалів, тобто проведення розрахунків і лабораторних досліджень по визначенню трибологічних параметрів, імітації експлуатаційних умов, металознавчих характеристик і технології виготовлення робочих органів.

Універсальні стрілочасті лапи, виготовлені відповідно до рекомендацій ГОСТу 1343-82 (СТ РЕВ 3095-81), є робочими органами культиваторів для суцільного і міжрядного обробітку ґрунту. Стрілочасті лапи призначені для подрібнення ґрунту і знищення бур'янів в результаті горизонтального перерізання коренів бур'янів на глибині 6-12 см. Ці вироби виготовляються з якісної сталі і наплавляються твердим сплавом (лезова частина і носок). Для лап типу С-5 по ГОСТу 1342-82 встановлено ресурс 30 га, однак напрацювання лап до граничного стану за лінійним зносом знаходиться в межах від 12,0 до 25,0 га (Ресурс по гостроті лез і підрізальній здатності лап при випробуваннях на міцність не контролюється).

У практиці зарубіжного виробництва зміцнення лез твердим сплавом не отримало широкого застосування. Результати лабораторних порівняльних випробувань на зносостійкість фрагментів лап вітчизняного і зарубіжного виробництва свідчать, що серійні вітчизняні лапи по всім показникам зносостійкості істотно перевершують лапи аналогічного призначення зарубіжного виробництва [5]. Підвищені вимоги до зносостійкості вітчизняних лап зумовлені високою сезонної напрацюванням культиваторів (760 га, наприклад, для культиватора КПС-4). У той час як площі культивації в фермерських господарствах часто обчислюються десятками гектарів, обробка яких не вимагає вжиття заходів щодо підвищення зносостійкості, зокрема шляхом наплавлення твердого сплаву. У літературі зазначається, що такого роду зміцнення лап в умовах малого сезонного напрацювання економічно не виправдане.

Одним з основних шляхів створення багатофакторного підходу, є використання синергетичних принципів, які дозволяють об'єднати кілька наукових напрямків: трибологія, матеріалознавство, техніко-технологічні та інші аспекти [2,3].

Дослідження структурної пристосованості матеріалів при терті [4] призвело до пояснення явища саморегулювання, виражається в локалізації ефективного обсягу взаємодії матеріалів з утворенням і регенерацією в ньому стійких дисипативних структур. умовою стійкості нормального процесу тертя і зношування служить мінімум:

$$\int_V \frac{\Delta E}{A} dV = \min,$$

де  $E$  - зміна поглиненої енергії трибосистеми;  $A$  - робота тертя;  $dV$  - об'єм зносу.

Існування стійких дисипативних структур поверхонь тертя є необхідною умовою стійкої еволюції макроповерхні. Оскільки можливості саморегулювання трибосистеми на макрорівні не безмежні, різка зміна параметрів зовнішнього впливу може вивести систему в область нестійкості або в область пошкоджуваності, що лежить за межами мінімуму.

Пошук стійкої форми природного зносу деталей машин може бути виконаний з допомогою техніки варіаційного обчислення, розробленої Ейлером. Згідно з аналізом, можна сформулювати приватний варіаційний принцип для зношуються систем: стійкої буде лише та форма зношеної поверхні контакту, яка відповідає мінімуму енергетичних витрат в заданому відносному русі при сталому процесі тертя і зношування.

Знос ґрунтообробних знарядь вивчався з давніх-давен. Академік В.П.Горячкін встановив, що при роботі на піщаних і супіщаних ґрунтах після періоду підробітки на деякий час відбувається стабілізація форми профілів лез лемешів плугів незалежно від їх початкової форми.

Поведінка такого складного середовища, як ґрунт, залежить від швидкості деформування і інших її властивостей.

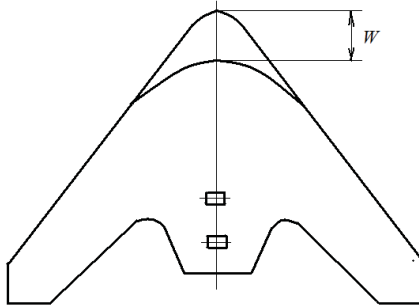


Рис 1. Схема зношування носка стрілочатої лапи культиватора

Утворення стійкої форми природного зносу призводить не тільки до зменшення швидкості або інтенсивності зношування, але і до зниження енергетичних витрат на тертя. Якщо оброблюване середовище не має сильних зношувальних властивостей, як кварцовий пісок, або недостатньо часу зношування для утворення стійкої форми природного зношування ножа, то рухаючись в ґрунті, утворюється застійне ядро, що має форму параболічного клина [5] або наріст на різці при різанні металів.

Таким чином, для підвищення довговічності металевих деталей, що працюють в масі незакріплених абразивних частинок, розглядаються основи синергетичних принципів, тобто пропонується один з етапів методології багатofакторного підходу до вирішення проблеми, а саме принцип геометричної адаптації.

Перелік використаних джерел:

1. Тененбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин: М.: Машиностроение, 1976. 247 с.
2. Дослідження зносостійкості сталі 65Г з різними фізико-механічними властивостями при зношуванні в абразивній масі / В. І. Дворук, К. В. Борак, С. С. Добранський // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кропивницький : КНТУ, 2016. - Вип. 46. - С. 213-223.
3. Дворук, В., Борак, К., & Добранський, С. (2016). Nature forces and friction laws to wear resistance steel abrasive. *Problems of Tribology*, 78(4), 48-53.
4. Попов С.Н. Теоретические основы многокритериального анализа изнашивания сталей и сплавов // Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин. Запорожье: Изд-во ОАО «Мотор Сич», 2000. С. 360–389.
5. Тененбаум М.М., Ахметшин Т.Ф. О Влиянии на горизонтальную и вертикальную составляющие тягового сопротивления размера и формы носка стрелчатой лапы // Совершенствование машин и рабочих органов для производства корнеклубнеплодов и овощей: сб. науч. тр. М.: ВИСХОМ, 1987. С. 102–106.

## **ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ МЕТОДІВ В ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ ГІДРОПОННИМ СПОСОБОМ**

Сучасна переробна галузь призводить до збільшення енергоспоживання. В даний час одним з важливих аспектів ведення сучасного господарства є ощадливе використання енергії. Тепличне виробництво належить до найбільш енергоємних. У теплицях через великі площі світлопрозорих поверхонь виникають значні втрати тепла, для компенсації яких потрібні витрати палива в системі опалення [1]. Використання гідропонного способу вирощування дає можливість поліпшити ситуацію з енерго- та ресурсовитратністю. Найбільш ефективним способом збільшення врожайності з екологічної економічної, технологічної та технічної точок зору є створення умов покращення засвоюваності рослинами мікро- та макронутрієнтів, що забезпечують процес дозрівання й розвитку. Так як вода в рослині бере участь в обміні речовин, то при зміні фізичних та хімічних параметрів та властивостей води у живильних середовищах виникає можливість безпосереднього впливу на процеси життєдіяльності, росту та розвитку рослин.

Дослідженнями науковців встановлено ефективність оброблення водних розчинів живильних середовищ у магнітному, електричному та електромагнітному полях. При цьому створюється можливість використання гідропонного розчину активованого електрофізичними методами як стимулятора росту рослин і збільшення їх урожайності [2].

Використання гідродинамічного оброблення гідропонних середовищ сприяє механотермолізу води з виникненням водневих зв'язків, прискоренню хімічних реакцій, видаленню домішок окремих елементів. Основною задачею тепличного овочівництва є підвищення врожайності овочевих культур при одночасному зменшенні витрат енергії та сировинних матеріалів на одиницю продукції. Головним напрямком інтенсифікації тепличного овочівництва є перехід до енергозберігаючих технологій виробництва із застосуванням різних способів оброблення живильних розчинів при вирощуванні овочів гідропонним способом. Оброблення живильних розчинів для їх подальшого використання в сільському господарстві повинно задовольняти певним критеріям [3]: енергетична та економічна ефективність; відсутність негативної дії на розвиток рослин; відносна простота конструктивного оформлення обладнання з подальшою можливістю впровадження в існуючі технологічні лінії. Способи оброблення гідропонних розчинів поділяють на фізичні, хімічні та комбіновані. Фізичні способи оброблення живильних середовищ здійснюються зовнішніми силовими полями, без додавання в

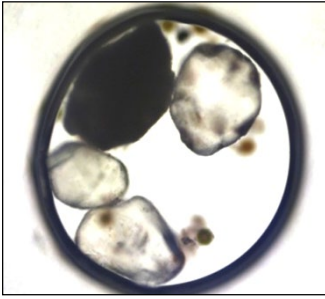
робочий об'єм хімічних речовин. Використання хімічних способів пов'язано з використанням реагентів.

Суть оброблення води ультразвуком полягає в тому, що оболонки клітин бактерій, вірусів і найпростіших розриваються під впливом звукової хвилі. На сьогодні відомі приклади застосування поливальної води обробленої в магнітному полі. Дослідженнями встановлено, що поливання рослин водою, обробленою в магнітному або електричному полі дає ефект, пов'язаний зі збільшенням урожайності. Електричні способи оброблення діють на рідинне середовище сукупністю фізичних полів і випромінювань (електромагнітним, ультрафіолетовим, тепловим, фотонним та ін.) дозволяють отримувати бактерицидно стійку воду, але ці способи не забезпечують повної і рівномірної обробки великих об'ємів води та не дозволяють отримувати поливальну воду та розчини мінеральних добрив з заданими параметрами [4]. Інтенсифікувати процеси очищення води дозволяє радіаційна обробка, що полягає в дії на воду іонізуючих  $\gamma$ ,  $\beta$ -рентгенівських випромінювань. Гідродинамічне оброблення гідропонних розчинів характеризується: виникненням інтенсивних полів тиску близько 100 МПа та хвиль розрідження-стиснення, що виникають при пульсаціях парогазових каверн і мікробульбашок; кінетичним впливом кумулятивних ультраструменів зі швидкістю 100-200 м/с, що з'являються в асиметричному полі тиску; утворенням в потоці за тілом або каверною турбулентних зон, заповнених вихорами і мікробульбашками інфразвукового і ультразвукового діапазону частот. Сукупний вплив вказаних гідродинамічних процесів на живильні розчини приводить до змін фізико-хімічних параметрів та властивостей, що відповідає технологічним вимогам, які пред'являються до використання живильних середовищ, а саме гідропонних розчинів в сільському господарстві [5].

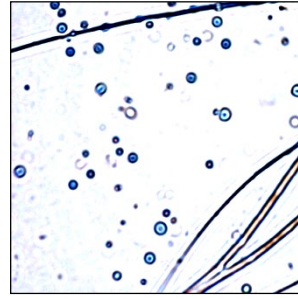
При визначенні фізико-хімічних параметрів живильних середовищ було проаналізовано такі модельні системи: гідропонний розчин живильного середовища після вирощування огірка звичайного (*Cucumis sativus*) в умовах закритого ґрунту (рис. 1а); гідропонний розчин живильного середовища після вирощування салату-латука (*Lactuca sativa* var. *secalina*) в умовах закритого ґрунту (рис. 1б). Під час дослідження визначено біологічну складову гідропонних живильних середовищ й виявлено, що такі розчини містять: діатомові водорості, хлорели, ціанобактерії, вольвокси, евлени та ін. Все це ускладнює засвоєння рослинами поживних речовин та кисню і потребує додаткового вивчення. Також проведено дослідження рівня водневого показника живильного розчину, який становив 6,5-7,0, окисно-відновний потенціал +200-+250мВ [6]. Подальшим етапом дослідження буде проведення натурного експерименту з гідродинамічного оброблення живильних середовищ з верифікацією технологічних режимів процесу оброблення.

Проведений аналіз існуючих методів оброблення рідких живильних середовищ показує, що технологічні схеми оброблення середовищ, які застосовуються на теперішній час, не дозволяють забезпечити високу якість





а



б

Рис. 1 Склад гідропонного живильного середовища після вирощування:  
а - огірка звичайного (*Cucumis sativus*) - збільшення 120 разів; б - салату-  
латука (*Lactuca sativa* var. *secalina*) - збільшення 1600 разів

обробки живильних розчинів, у поєднанні з низькими витратами енергії, а тому виникає необхідність у пошуку технологічних рішень, здатних усунути зазначені недоліки. Використання керованих енергетичних впливів на живильні середовища шляхом гідродинамічного оброблення є сучасним та перспективним для застосування в агропромисловому комплексі.

Перелік використаних джерел:

1. Білоконь Т.М. Економічні аспекти впровадження енергозберігаючих технологій на підприємствах закритого ґрунту / Т.М. Білоконь // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – 2012. – № 56. – С. 146–152
2. Дінабурський В. С. Застосування інверторів напруги в автономних системах енергозабезпечення тепличних комплексів з використанням сонячних панелей / В. С. Дінабурський, В. Б. Гулевський. // [Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvtdau_2018_8_2_40). - 2018. - Вип. 8, Т. 2. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvtdau\\_2018\\_8\\_2\\_40](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvtdau_2018_8_2_40)
3. Книжка Т. С. Фотоактивація живильних розчинів у гідропонних теплицях : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.09.03 / Т. С. Книжка; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. - К., 2013. - 22 с.
4. Фізичні методи очищення рідин: конспект лекцій / Уклад.: О.М. Терентьев, А.В. Ворфоломеев. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 162 с.
5. Elvira Molin, Michael Martin (2018). Assessing the energy and environmental performance of vertical hydroponic farming, IVL Swedish Environmental Research Institute 2018, №. С 299, p.36
6. Dubovkina Iryna (2017). Change of physical and chemical parameters of the liquid binary systems by alternating impulses of pressure, Ukrainian Food Journal, Volume 6, Issue. 1, p. 142-154.

М.І. Дядюра, В.Ф. Дідух, д.т.н.  
Луцький національний технічний університет

## **ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬМУ ВИРОБНИЦТВІ**

Ще майже 25 років тому на Конференції ООН прийнято «Світову програму дій із використання нових і відновлювальних джерел енергії» як підтвердження наукової гіпотези щодо визначального впливу парникових газів на ефект глобального потепління[1]. Дана проблема пов'язана із зростанням промислового виробництва та збільшенням споживання енергоресурсів. Розв'язання її можливе за рахунок використання альтернативних джерел енергії: сонячної, вітрової, геотермальної, припливної, вторинної енергії тощо.

Розвиток альтернативних джерел енергії, може забезпечити провідне місце України на світовому ринку біоенергетики та покращити економічне становище країни. Важливим потенційним ресурсом при балансі власної та імпоротної енергосировини стає енергетична біосировина. Можливості сільськогосподарського виробництва і використання біомаси в основному визначаються рослинництвом, основу якого в Україні складає вирощування зернових [2].

Тому, альтернативна енергія та сільське господарство, це завжди безпрограшний варіант. Енергія: вітру, Сонця, біомаси ніколи не закінчиться, що дає можливість фермерам добувати власну енергію. Якщо до цього додати енергію Сонця та вітру, то ефективність ведення сільськогосподарського виробництва значно зросте.

Дослідники у Сполучених Штатах встановили, що енергія вітру до 2020 р. може принести прибуток фермерам 1,2 млрд. доларів, а також 80 тис. робочих місць. Вітрова енергетична установка(рис.1) – використовує перетворення кінетичної енергії рухомих повітряних мас в електричну енергію. Кілька десятків вітрогенераторів, об'єднані в одну мережу, утворюють вітрову електростанцію. Це один з найбільш дешевих видів альтернативної енергетики. Його великим недоліком є наявність шуму, виробленого вітровою установкою. Побічним негативним ефектом можна також вважати загибель перелітних птахів, які потрапляють в лопаті генератора.

Фермери можуть віддавати в оренду землю енергетичним компаніям під генеруючі установки. Там, де велика концентрація вітру, компанії готові платити власникам землі від 2 до 5 тисяч доларів за кожну турбіну. Турбіна зазвичай займає приблизно 6 сотих землі. Поблизу вітрових установок можна випасати худобу, вирощувати різні культури. В Україні тема вітрової енергетики з кожним роком стає все більш актуальною, але з певних причин

не досягає необхідного розвитку.



Рис. 1 Вітрова енергетична установка

Інший вид альтернативної енергетики - енергія Сонця в агропромисловому виробництві використовується надзвичайно мало. Встановлення сонячних батарей на дахах корівників та свинарників, фактично відсутнє (рис. 2). При цьому велика перевага, у такому випадку полягає у тому, що не потрібно виділяти територію для станцій, розмістивши їх на дахах ферм. Добуту енергію можна використовувати для: освітлення та обігріву ферм, одержувати гарячу воду, просушувати зібраний урожай, запускати водяні насоси. Енергія Сонця є союзником у меті зробити ферму економічною та ефективною.



Рис. 2. Встановленні сонячні батареї на даху ферми

Все більше поширення у сільськогосподарському виробництві знаходить використання енергію біомаси[3], яку отримують з рослин і органічних залишків. Все, що надходить від сільськогосподарських культур, дерев, поживних залишків, гною, можна використовувати у тій чи іншій мірі на виробництво газу, твердих паливних матеріалів. Енергія біомаси в сільському господарстві має достатній потенціал, щоб забезпечити потреби не тільки фермерського господарства, даючи енергетичну незалежність, зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище. Досліджено, що енергетичний потенціал окремих сільськогосподарських культур, таких як льон, знаходиться на рівні твердих порід дерев і становить 18 МДж/кг[4],

В США підраховали, що якщо втричі збільшити в країні використання енергії біомаси, це може дати 20 млрд. доларів прибутку фермерам і сільським громадам, скоротивши загрози глобального потепління, та обсяг викидів, що залишають після себе 70 млн. авто.

Таким чином, наша держава багата на альтернативні джерела енергії та, незважаючи на високу вартість інвестицій у галузь відновлювальної енергетики, вони повинні інтенсивно розвиватись, так як за ними майбутнє — як розвинутої, незалежної від експортерів палива країни.

Перелік використаних джерел:

1. [http://myrgorod.pl.ua/files/images/Madem/3alternativni\\_dzherela\\_energii\\_ta\\_dovkillya.pdf](http://myrgorod.pl.ua/files/images/Madem/3alternativni_dzherela_energii_ta_dovkillya.pdf)
2. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний. — Тернопіль, 2001. — 657 с..
3. Yaheliuk S. Optimization on efficient combustion process of small-sized fuel rolls made of oleaginous flax residues / V. Didukh, V. Busnyuk, G. Boyko, O. Shubalyi // INMATEH – Agricultural engineering. Vol. 62, No. 3/2020, Bucharest 2020, p. 361-368.
4. Дідух В.Ф., Том'юк В.В., Лалак Ю. Виробництво біогазу з суміші сапропелю та рослинної біомаси. Тези V Всеукраїнської НПК “Інноваційні технології в АПК”, Луцьк 2015, – с. 42...44.

Д. П. Журавель, д.т.н., А. Б. Чебанов, к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВОЛОГОПЕРЕНОСУ НАСІННЯ СОНЯШНИКА

Для проведення досліджень відбиралось насіння згідно з Державним Стандартом України СТУ 2240 – 93 “Насіння сільськогосподарських культур: сортові та посівні якості. Технічні умови”.

Установка для проведення дослідження процесу сушіння насіння соняшника в товстому шарі включала: сушильну шафу (1), в якій вмонтовано датчик температури (2) для фіксування в ручному режимі температури. Дана температура автоматично підтримувалася за допомогою терморегулятора. Кількість вологи, що видаляється, вимірювали за допомогою терезів (5). Температура в сушильній шафі контролювалася вимірювальним перетворювачем (6), що з'єднаний з вимірювальним приладом (7). В якості вимірювального перетворювача використовувався багатоканальний прилад типу КВП 1. Для виміру температури насіння термопару (3) попередньо вводили в зерно (4). Значення вимірювального перетворювача реєстрували на приладі (8) (потенціометрі). Відрахування часу здійснювали секундоміром.

Автоматичний прилад з обертовим циферблатом та потенціометричною схемою типу КВП1 (8) використовували для вимірювання термо-ЕРС за допомогою НРС-датчиків.

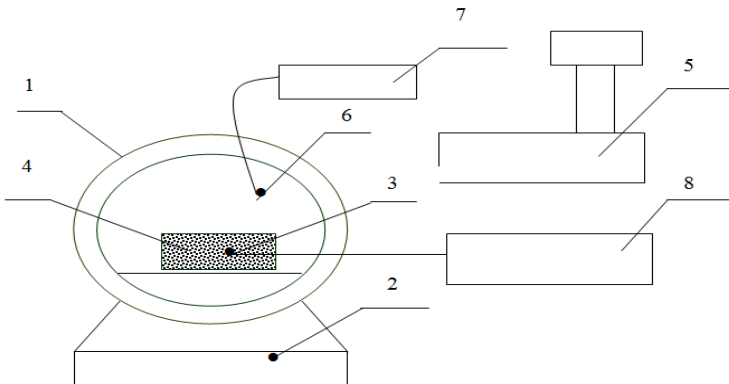


Рис. 1 - Експериментальна установка для сушіння насіння в нерухомому шарі: 1-сушильна шафа; 2-датчик температури; 3-термопара; 4-зерно; 5-терези; 6-вимірювальний перетворювач; 7-вимірювальний прилад; 8-потенціометр

Перед початком вимірювань перевіряли правильність показань приладу згідно інструкції по експлуатації. За два – три дні до проведення дослідження процесу сушіння насіння зволожували до вологості 14–16 % (вологості надходження насіння з поля) [1]. Для рівномірного розподілу вологи за всією масою зволоження насіння проводили наступним чином. Зважений зразок насіння  $G_H=20$  г дослідної партії поміщали в сушильну шафу на 2 години, при температурі 130 °С. Після сушіння зразок знову зважували та визначали  $G_K$ . Вологість партії визначали за формулою:

$$\omega_H^0 = \frac{G_H - G_K}{G_H} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де  $G_H$ ,  $G_K$  - початкова і кінцева маса насіння соняшника, г.

Знаючи початкову вологість насіння розраховували кількість води, що необхідно додати до партії, щоб отримати вологість насіння, по формулі:

$$W = G_H \frac{\omega_K^0 - \omega_H^0}{100 - \omega_K^0}, \quad (2)$$

де  $\omega_H^0$ ,  $\omega_K^0$  - початкова і кінцева вологість насіння соняшника, %.

При ретельному перемішуванні в насінневу масу впродовж першого дня додавалась вода невеликими порціями. Зволожене насіння рекомендовано помістити в холодильник та зберігати при температурі 50 °С два дні [2-4]. Впродовж цього часу насіння ретельно перемішували два – три рази в день. Перед початком експерименту проводили розвішування насіння по партіям масою 25 г і вмикали сушильну шафу.

Партії розвішеного насіння поміщали в сушильну шафу та контролювали час по секундоміру. С початку вмикання секундоміру через 30 с (дві-три точки), а потім кожні дві-три хвилини записували температуру нагрівання насіння та масу зразка. Ця операція тривала до тих пір поки зменшення в масі насіння не досягло величини, що відповідає кінцевій вологості насіння. Зменшення в масі насіння можна визначити по формулі (3), прийнявши кінцеву вологість насіння рівною 5%. Вологість насіння на загальну масу в кожній точці процесу визначали за формулою:

$$\omega_i^0 = 100 - \frac{G_1}{G_i} \cdot (100 - \omega_i^0), \quad (3)$$

де  $G_1$  – маса насіння до сушіння (початкова маса), г

$G_i$  – маса насіння, що відповідає вологості  $\omega_i^0$ , г;

$\omega_i^0$  – початкова вологість насіння, % на загальну масу.

Вологість насіння  $\omega_i^0$  переводили на вологість сухого насіння  $\omega_i^c$  по формулі:

$$\omega_i^c = \frac{100\omega_i^0}{100 - \omega_i^0}, \quad (4)$$

Результати дослідження зміни температури та вологості при сушінні насіння наведено у вигляді графіку на рисунку 2.

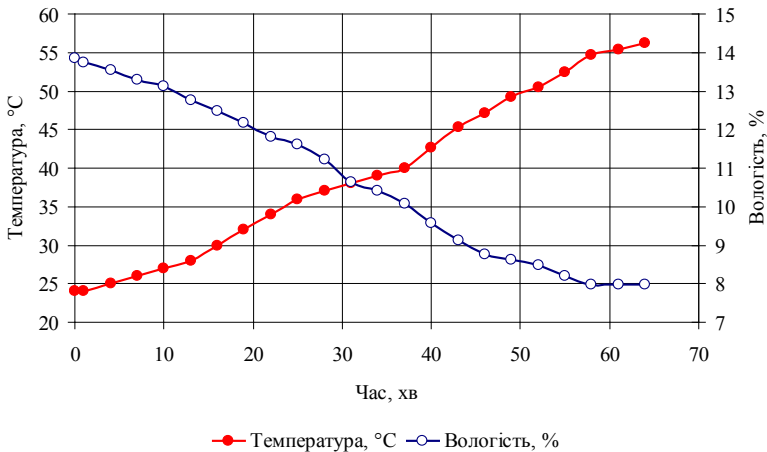


Рис. 2 – Зміна температури та вологості при сушінні насіння соняшника

В результаті аналізу залежностей встановлено, що крива вологості насіння від часу поступово знижується та приходить до сталого значення, яке приблизно становить 8%. Це підтверджує попередній розрахунок рівноважної вологості насіння соняшника, згідно якого насіння соняшника необхідно сушити до вологості 7,7%.

Перелік використаних джерел:

1. Жидко В.И., Атаназевич В.И. Лабораторный практикум по зерносушению: учеб. Пособие. М.: Колос, 1983. 96 с.
2. Журавель Д.П., Петренко К.Г. Оцінка біологічних та енергетичних властивостей насіння соняшника. Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії: матер. І-ї Всеукр науково-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 26-28. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/conf/materialy-2020/>
3. Журавель Д.П., Петренко К.Г. Обґрунтування вимог до сушіння насіння соняшника. Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії: матер. І-ї Всеукр науково-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 101-102. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/conf/materialy-2020/>
4. Журавель Д.П., Петренко К.Г. Теоретичні дослідження теплотехнічних процесів сушіння насіння соняшника. Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії: матер. І-ї Всеукр науково-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 18-21. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/conf/materialy-2020/>

Р.В. Кірчук, к.т.н., Л.Ю.Забродоцька, к.т.н.  
Луцький національний технічний університет

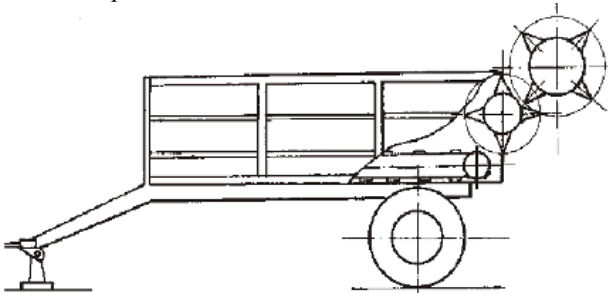
## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ СУШІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ

Сушіння - найбільш енерговитратна та відповідальна складова процесу післязбирального обробітку продукції рослинництва. Саме тому складовими економічного ефекту від виробництва продукції рослинництва є використання енергоефективних методів та енергозберігаючого підходу формування технології сушіння.

Тому дослідження спрямовані на пошук та обґрунтування нових методів енергозбереження при сушінні сільськогосподарських матеріалів є актуальними та важливими завданнями, які дозволили б знизити собівартість кінцевої продукції.

Кафедрою аграрної інженерії ім. проф. Г.А. Хайліса Луцького національного технічного університету виконано значний обсяг робіт щодо дослідження процесів сушіння різноманітних рослинних сільськогосподарських матеріалів. Аналіз отриманих результатів дозволяє сформулювати чіткий алгоритм розробки та використання механічних засобів активізації вологовидалення в ході післязбирального обробітку продукції рослинництва в агросекторі. Це дало можливість шляхом проведення структурного аналізу запропонувати розробку та створення механічної системи інтенсифікації сушіння сільськогосподарських рослинних матеріалів.

Одним із способів зниження енерговитрат на післязбиральний обробіток сільськогосподарського матеріалу є його підготовка до сушіння шляхом попередньої сепарації [1-3]. Такий підхід варто застосовувати для обробітку важкорозділних зв'язаних матеріалів, як ворох льону, що отриманий в процесі комбайнового збирання. Приклади реалізації засобів сепарації показано на рис. 1.



а)



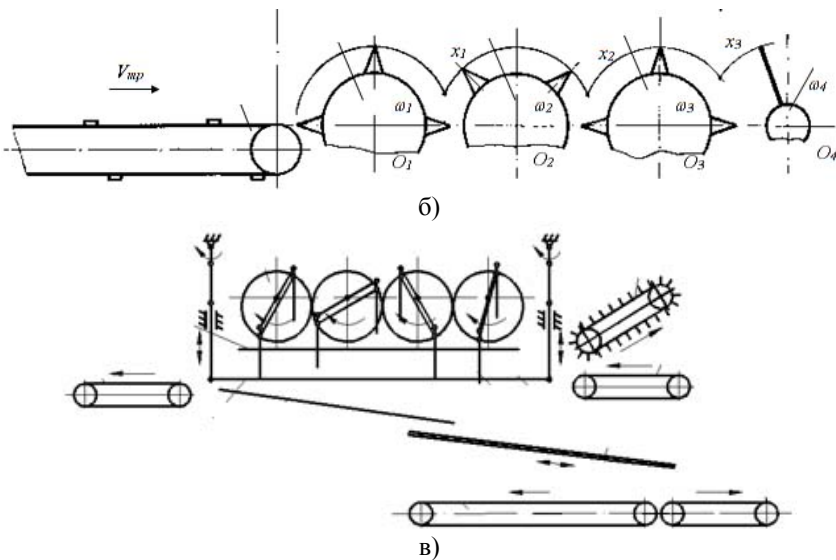


Рис.1 – Сепаратори вороху льону: а- причеп-сепаратор; б – барабанний сепаратор; в – розтягуючий сепаратор

Окрім сепарування шару матеріалу, для покращення умов перебігу процесу сушіння пропонується збільшувати площу контакту поверхні матеріалу, що піддається сушінню, і сушильного агента [4,5]. Це можна реалізувати, наприклад, шляхом поділу качана кукурудзи чи надрізання поверхні зернівки сої (рис.2).



а)



б)

Рис.2 – Подрібнені кукурудзяні качани (а) та надрізані боби сої (б)

Операція підготовки матеріалу до сушіння може бути технологічна суміщена з процесом завантаження сушарки. На рис.3 показано пристрої, які реалізують запропоновану технологію.



а)



б)

Рис.3 – Лабораторні зразки для підготовки до сушіння качанів кукурудзи (а) та бобів сої (б)

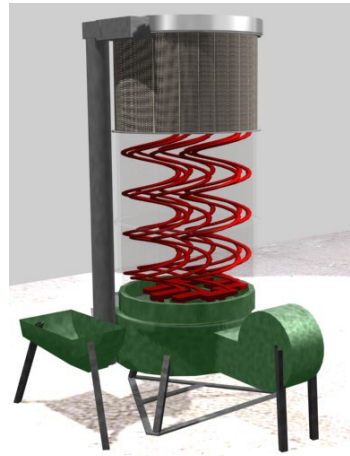
Ще одним методом інтенсифікації видалення вологи з насіннєвого матеріалу є перемішування і розпушування його шару в процесі сушіння [6,7]. Такий підхід є доцільним для сипкого матеріалу при його сушінні у товстому шарі. Постійна зміна структури шару матеріалу не дозволяє утворюватись повітряним каналам, через які «висковзує» сушильний агент. Окрім того, перемішування і розпушування шару сприяє рівномірному волого видаленню, не дозволяє пересушувати насіння, дозволяє використовувати м'які режими сушіння та отримувати якісний насіннєвий матеріал.

Дослідження процесів сушіння з постійною зміною структури товстого шару матеріалу проводились із насінням льону олійного, ворохом однорічних і багаторічних трав, насінням пшениці, ячменю та ріпаку. Функціональні схеми роботи таких методів сушіння у формі 3-d моделей показано на рис.4, а фото сушарок, які реалізують таку технологію на рис.5.

Сільськогосподарські матеріали в процесі їх збирання і первинного обробітку можуть бути сформовані у паковці. Найбільш технологічною паковою є рулон. Дослідження процесів сушіння рулонів льоносировини та рулонів соломи проведени у роботах [8,9]. Для забезпечення ефективного і рівномірного просушування таких сільськогосподарських матеріалів слід диференційованим чином підводити сушильний агент в зону сушіння залежно від структурних особливостей розміщення стеблової маси у паковці. Шари із більшою щільністю вкладання потребують більшої кількості сушильного агенту і навпаки – менш щільні шари сприймають менше витрату повітря. Схема сушіння та сушарка рулонів показані на рис.6.



а)



б)

Рис.4 – 3-d моделі та схеми роботи сушарки сипких матеріалів з перемішуванням (а) та розпушування (б) шару матеріалу



а)



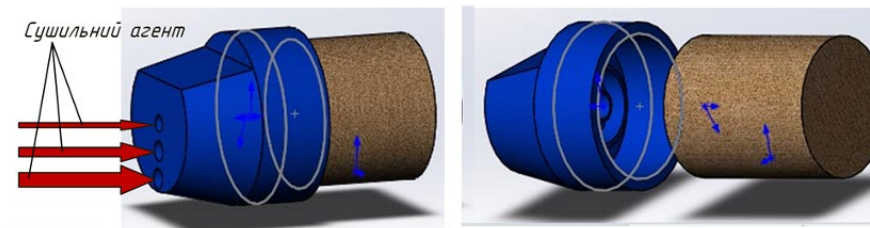
б)



в)

Рис.5 – Загальний вигляд сушарок насіння трав (а), льону та ріпаку (б) та зернових (в)

Пошук шляхів зменшення вартості операції сушіння сільськогосподарської продукції не слід обмежувати лише впливом на матеріал, що піддається сушінню. Заслужують на увагу методи підведення нагрітого повітря в зону сушіння, які дозволяють максимально використовувати потенціал сушильного агента. З висотою шару зерна у сушильній камері напор і швидкість агента сушіння знижується. Це призводить до нерівномірного просушування верхніх шарів. Для зменшення впливу цих факторів на якість процесу пропонується змінити циліндричну форму сушильної камери, яка є звичною для більшості сушарок, на конічну. Такий прийом дозволить вирівняти витрату сушильного агента за усією висотою шару матеріалу, що просушується. Схема сушіння за даним методом показана на рис.7.



а)

б)



в)

Рис.6 – Схеми сушіння рулонів із диференційованим підводом сушильного агента (а), (б) та загальний вигляд сушарки (в)

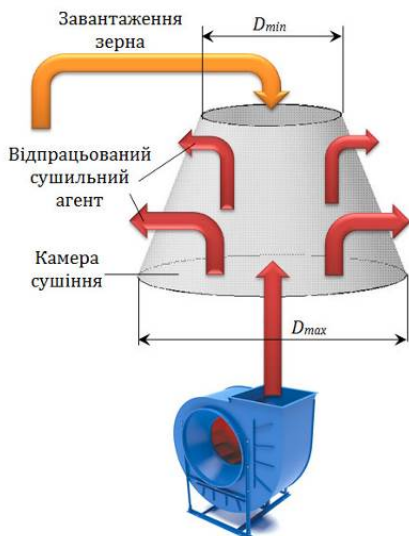


Рис.7 - Функціональна схема сушарки із конічною камерою сушіння

Аналіз отриманих результатів досліджень вказує на те, що для інтенсифікації сушіння сільськогосподарських рос-линних матеріалів можна застосовувати технічні засоби, які доповнюють технологічний процес сушіння, не потребують радикальних змін у їх конструкціях сушарок, не є матеріаломісткими виробами. Однак застосування такої механічної системи впливу на перебіг процесу волого-видалення суттєво скорочує час роботи сушарки

Перелік використаних джерел:

1. Подоляк В.М. Вдосконалення процесу сушіння вороху льону в нерухомому товстому шарі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.20.01 «Механізація сільськогосподарського виробництва» / В.М. Подоляк; Луцьк, -1999.- 21с.
2. Кірчук Р.В. Розробка сепаратора вороху льону: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва»/ Р.В. Кірчук; Луцьк,-2001.- 19 с.
3. Тараймович І.В. Удосконалення технологічного процесу первинної обробки вороху льону-довгунця: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.01 «Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів» / І.В. Тараймович; Херсон, 2009.- 25 с.
4. Панасюк С.Г. Обґрунтування параметрів технологічного процесу сушіння качанів кукурудзи: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11«Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / С.Г. Панасюк; Вінниця,- 2008.- 20 с.
5. Розробка та обґрунтування параметрів пристрою підготовки зерен сої до сушіння : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва»/ К.Є. Копець,- Львів, 2016.- 20 с.
6. Забродоцька Л.Ю. Обґрунтування технологічного процесу та параметрів сушарки вороху насіння трав : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11«Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / Л.Ю. Забродоцька; - Кіровоград, 2012. - 22 с.
7. Ящук А.А. Обґрунтування параметрів сушарки насіння льону олійного : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / А. А. Ящук; - Кіровоград, 2014. - 20 с.
8. Федік Л.Ю. Вдосконалення технологічного процесу сушіння рулонів льонотрести : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.01«Механізація сільськогосподарського виробництва» / Л.Ю. Федік; - Луцьк, 1999.15 с.
9. Дударев І.М. Обґрунтування технологічного процесу та параметрів сушарки льоносировини в рулонах : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11«Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / І.М. Дударев; - Глеваха, 2007. - 19 с.

А.С. Комар, інж,  
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ПТАХІВНИЦТВА В УКРАЇНІ

Птахівництво є однією з найбільш конкурентоспроможних галузей сільського господарства. Це високо інтенсивна галузь з коротким терміном виробництва кінцевої продукції [1]. В Україні спостерігається тенденція до збільшення промислового вирощування птиці. Активне нарощування виробництва в останні роки було ускладнене насиченням внутрішнього ринку, тому виробники шукають шляхи реалізації продукції на світовому ринку. Збільшення обсягів виробництва, в свою чергу передбачає збільшення відходів від утримання птахів, в тому числі – утворення пташиного посліду. Незалежно від того, що продукція птахофабрик реалізовується на внутрішньому ринку або відправляється на експорт, відходи зазвичай залишаються на місці свого утворення, і швидко накопичуються. Прийнято вважати що пташиний послід найбільш цінне органічне добриво, яке за своїм хімічним складом відноситься до найкращих видів органічних добрив. Накопичення пташиного посліду у великій кількості негативно впливає на навколишнє середовище та здоров'я людей поблизу виробництва. Виникає гостра необхідність в розробці принципово нових та удосконалення вже існуючих технологій утилізації (переробки) відходів птахівництва [2].

Проаналізувавши статистичні дані Державної служби статистики України за 2019 рік, в таблиці 1 розраховано відсоткові показники утворених основних сільськогосподарських відходів.

Таблиця 1

Кількість відходів сільського господарства, утворених у 2019 р. по Україні

Категорії відходів	Утворено відходів, т	Відсоток, %
Сільськогосподарські відходи	5782438,72	100
Екскременти, сечовина і гній від худоби	2551993,57	44
Солома колосових	277967,62	5
Солома інших зернових	405314,43	7
Стебла кукурудзи сухі	826682,18	14
Корм зіпсований, забруднений і його залишки	402383,80	7
Мертві тварини та птиця (в т.ч. некондиційна)	23463,10	1
Послід пташиний	1041399,13	18
Інші відходи	253234,90	4

З табл. 1 видно, що пташиний послід складає майже п'яту частину (1041,3 тис. т.) або 18 % від загальної кількості відходів утворених в сільському господарстві (5782,4 тис. т.).

З урахуванням проблемної ситуації, що склалася з застосуванням добрив і електричної енергії [3] було оптимізовано спосіб утилізації пташиного посліду з отриманням електричної, теплової енергії та органічно-мінерального добрива. Даний спосіб передбачає поділ посліду, що видаляється з птахофабрики на меншу і більшу частини. З метою знезараження і закріплення поживних речовин менша частина обробляється стабілізатором, з наступним витримуванням протягом часу стабілізації. Велика ж частина посліду надходить на переробку методом піролізу з отриманням електричної, теплової енергії та попелу. Близько 15% електричної енергії спрямовується на забезпечення роботи технологічної лінії, а на інші внутрішньогосподарські потреби – решта 85%. Передбачається, що певна частина теплової енергії буде використовуватись для сушіння посліду перед його переробкою і гранул виготовленого добрива [4]. Решту теплової енергії можна використовувати для опалення виробничих та житлових приміщень птахофабрики. Попіл утворений після піролізу посліду, містить доступні для рослин поживні речовини в концентрованому вигляді і може використовуватися як добриво [5]. Також існує варіант приготування гранульованого органічно-мінерального добрива шляхом змішування в процентному співвідношенні попелу з обробленим стабілізатором послідом. Реалізація даного способу відображена в технологічній схемі комплексу з переробки пташиного посліду (рис. 1).

В технологічній лінії передбачається використання устаткування серійного виробництва і(або) розробленого нестандартного обладнання. Для генерації електричної і теплової енергії з посліду у виробничих умовах доцільно застосування локального енергетичного комплексу ЛЕК-4500.

Модульні установки комплексу працюють в автономному режимі, а технологія газифікації виробляє нульові викиди при переробці органічного матеріалу. Повністю автономний комплекс, вимагає лиш своєчасного підвезення сировини, працює на власному енергетичному балансі і не вимагає зовнішніх підключень. Зі збільшенням відходів модульна конструкція дозволяє нарощувати потужність комплексу і легко перевозиться до нового місця виробництва.

В комплексі передбачено, що при переробці 1 т посліду ( $\omega \leq 70\%$ ) отримаємо  $\approx 0,4$  МВт електричної і  $\approx 0,5$  МВт теплової енергії. За вихідним матеріалом продуктивність реактора складе  $\approx 1,2$  т / год. Високий енергетичний ККД  $\eta \leq 95\%$  забезпечується переробкою посліду методом піролізу, з отриманням більш дешевої електричної і теплової енергії та попелу, який є компонентом для приготування органічно-мінерального добрива.

Налагодження цієї технології виключає потребу птахофабрик в сховищах для посліду, помітно скорочуються транспортні витрати, навколишнє середовище не потерпає від забруднень птахівництва.

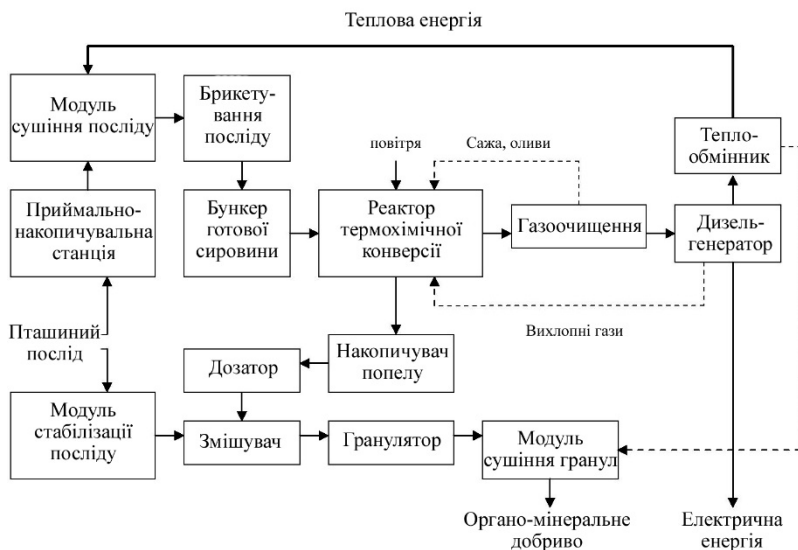


Рис. 1. Технологічна схема комплексу з переробки пташиного посліду

Реалізація ідеї по утилізації (переробці) пташиного посліду з енергозабезпеченням житлових та виробничих приміщень і отриманням добрива є для цього ідеальним рішенням.

Перелік використаних джерел:

1. Skliar R. Definition of priority tasks for agricultural development. Multidisciplinary research: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. Bilbao, Spain 2020. Pp. 431-433.

2. Комар А.С. Паливо з пташиного посліду. Молодь і сільськогосподарська техніка у XXI сторіччі: Збірка мат. XVII Міжнар. форуму молоді. Харків: ХНТУСГ. 2021. С. 31.

3. Комар А.С., Болтянська Н.І. Сучасні методи і обладнання для гранулювання комбікормів. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 272-275. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/komar-2020.pdf>

4. Komar A. About granulation of bird droppings. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. I Міжнар. наук.-практ. конф. мол. учених. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 180. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/komar-2-2021.pdf>

5. Болтянська Н.І. Переробка пташиного посліду на добриво шляхом його гранулювання. Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва: Мат. V Міжнар. наук.-практ. конф. Умань, 2019. С. 18-20.



Prof. Ing. Maroš Korenko<sup>1</sup>, PhD.1, Bc. Miroslav Horský<sup>1</sup>, Mgr. Eva Matušeková<sup>1</sup>,  
PhD, Mgr. Yuriy Gabriel<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Slovak University of Agriculture in Nitra

<sup>2</sup>Lviv National Agrarian University.

## **ANALYSIS OF OIL FILLING CONTAMINATION IN INSTALLATION OF VIBRATION DAMPERS**

The presented work deals with the analysis of technical problems of installation of vibration dampers in the automotive industry. The main task of vibration dampers is to absorb shocks from the road surface and to ensure continuous contact of the wheels with the road. The mentioned reasons have a great influence on safety as well as driving comfort. The technical purity of the oil itself plays a major role in vibration dampers. The oil is the working fluid that fills the vibration damper. Impurities in the oil result in incorrect damping forces, so it is important to check the oil purity.

Vibration dampers are used not only in car chassis [2]. They are mainly fitted to increase road safety [5].

Cleanliness is very important in installing vibration dampers [4]. The impurities formation can result in malfunctions, either in the production itself or in the use of the product in practice [1]. Impurities are formed in the production process itself, in their environment, during packaging of the product or even the operating personnel can form impurities [3].

Impurities can also be formed during the installation of vibration dampers. For this reason, it is important to emphasize cleanliness and tidiness in the assembly process. Here are the processes in which impurities can be formed:

- welding - during welding, so called spatter may occur, which may cause further complications
- pressing - when pressing the non-return ring, fine sawdust can be formed, which can also cause complications
- assembly – the use of contaminated products or contaminated gloves of workers

When detecting impurities in vibration dampers, it is necessary to be familiar with the design of the vibration damper itself. Impurity detection was performed with a two-tube vibration damper.

Oil purity check procedure:

1. A responsible worker checks the cleanliness of the workplace. This is done due to a follow-up inspection if non-compliant impurities are found.

2. The worker removes the unsealed damper from the assembly line and places it in a protective packaging.

3. The damper is disassembled in the laboratory. The oil is poured into a clean container. The disassembled parts are rinsed in individual containers with the solvent DE-SOLV-IT 1000 PPW.

4. The containers are placed in an ultrasonic cleaner. After setting the working values, the ultrasonic cleaner is turned on for 6 minutes.

5. During the cleaning, we weigh 3 pieces of filters, through which the individual containers of ultrasound will be poured, and write down the values.

6. Filtration of the examined liquid takes place by pouring the liquid through the filter into the suction bottle.

7. After the filtration, the filters, which are placed on watch slides, are put into a dryer at the temperature of 105 °C for 1 hour.

8. After drying, the watch slides with filters are put into a desiccator to cool down.

9. The cooled filters are weighed again and the values are recorded. The difference between the values is the weight of the individual impurities.

10. The filters are then placed under the “Jomesa” automatic microscope. Jomesa software automatically creates a report of the largest metallic and non-metallic particles.

From the attached documents it is possible to observe the following:

- the total weight of the impurities must not exceed 5 mg. In our measurements, the total weight of the particles was 0.08 mg, which is more than satisfactory. As a result, there are no unacceptable particles that could damage the functionality of the selected vibration damper.

- the acceptable limit of the largest metallic particle is 200 µm. In our examined sample, the largest metal particle was 159 µm. The metallic impurity can be formed, for example, when pressing the non-return ring.

- the limit that is acceptable for a non-metallic particle is 500 µm. In our case, it is a 310 µm particle. The requirement is met, it means no corrective action is required. The formation of a non-metallic particle can occur when attaching parts to stands during painting.

The aim of the work was to determine the technical purity of the oil in the vibration damper in the laboratory, which was performed according to the specified work procedure. As a result, we found impurities whose weight was very satisfactory, as they weighed 0.08 mg and the specification for the total weight was 5 mg. Subsequently, the examined part met the requirements for the largest metallic particle as well as the largest non-metallic particle. The result of the entire laboratory test is that the selected part meets the purity requirement according to VDA of 19<sup>th</sup> January, 2015.

## Technical Cleanliness according to VDA19.1 2015

Description of Sample			
Component:		Sample No.:	
Component No.:		Date of Extraction:	07/01/2021
Tested Area:		Date of Analysis:	14/01/2021
Surface [cm <sup>2</sup> ]:		Examiner:	
Customer:			

Extraction & Gravimetry			
Extraction Method:		Parts on Filter:	1
Liquid:	Desolvit	Filter Type:	ø47mm/41µm
Amount [ml]:	1500	Weight [mg]:	0.08

Microscopic Analysis			
Scale:	X:6.4 µm/Pxl, Y:6.4 µm/Pxl	Evaluated Ø [mm]:	44
Filter occupancy [%]:	0.082648	allowed Occupancy:	1,5 % (Cellulose), 3 % (Nylon)

Largest metallic particle	Length [µm]:	159	Width <sup>1</sup> [µm]:	99
Largest nonmetallic particle <sup>2</sup>	Length [µm]:	310	Width <sup>1</sup> [µm]:	251
Stretched length of longest fiber	Len <sub>st</sub> [µm]:	1440	Total [mm]:	15.3

Length [µm]	Code	per Filter Membrane		per Part/Component		per 1000 cm <sup>2</sup>	
		Non metallic <sup>2</sup>	Metallic	Non metallic <sup>2</sup>	Metallic	Non metallic <sup>2</sup>	Metallic

Summary:							
> 600	J-N	0	0	0.0	0.0		
100...600	F-I	63	4	63.0	4.0		
15...100	C-E	504	3	504.0	3.0		

Detailed results:							
> 3000	N	0	0	0.0	0.0		
2000...3000	M	0	0	0.0	0.0		
1500...2000	L	0	0	0.0	0.0		
1000...1500	K <sub>L</sub>	0	0	0.0	0.0		
600...1000	J	0	0	0.0	0.0		
400...600	I	0	0	0.0	0.0		
200...400	H	7	0	7.0	0.0		
150...200	G	15	1	15.0	1.0		
100...150	F	41	3	41.0	3.0		
50...100	E	146	2	146.0	2.0		
25...50	D	205	0	205.0	0.0		
15...25	C	153	1	153.0	1.0		
5...15	B	633	0	633.0	0.0		

CCC (Component Cleanliness Code):	
Total <sup>2</sup> =	

Remarks:

<sup>1</sup> The widths of particles in this report are always measured as the orthogonal cut.  
<sup>2</sup> Particles without fibers; Fib<sub>crit</sub> = 0.05 mm; nonmetallic, Ratio Len<sub>st</sub> / Area-Incircle > (Fib<sub>crit</sub> \* S<sub>fil</sub> \* C<sub>crit</sub>) and Area-Incircle ≤ (Fib<sub>crit</sub> \* S<sub>fil</sub> \* C<sub>crit</sub>) \* µm.

### References:

1. Antony, J. (2004). Some pros and cons of Six Sigma: An academic perspective. The TQM Magazine, 16 (4), 303-306.
2. CAUSEMANN, P., 2001. Automotive shock absorbers. Features, designs, applications. Second edition, 2001. ISBN 3-478-93230-0.
3. Evans, R., J., Lindsay, M., W. (2008) The management and control of quality. Mason, Ohio : South-Western/Cengage Learning, 2008. ISBN 978-0-32438-235-8.
4. GYGI, C. – DECARLO, N. – WILLIAMS, B. 2010. Six Sigma For Dummies, John Wiley & Sons, ISBN 978 – 1 – 11805 – 421 – 5.
5. LINDERMAN et al. 2002. “Six Sigma: A Goal- Theoretic Perspective”, Journal of Operations Management, Vol. 21 No. 2, pp. 193-203

С. В. Коробка<sup>1</sup>, к.т.н., М. М. Толстушко<sup>2</sup>, к.т.н.,  
Н. О. Толстушко<sup>2</sup>, к.т.н., І. Г. Стукалець<sup>1</sup>, к.т.н.  
<sup>1</sup>Львівський національний аграрний університет  
<sup>2</sup>Луцький національний технічний університет

## **ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ДОДАТКОВОГО НАГРІВАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТА НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ ДЛЯ ГЕЛІОСУШАРКИ**

Повітряний геліоколектор (ПГК) – це пристрій, що призначений для збору енергії випромінювання Сонця у видимому та інфрачервоному спектрі і перетворення його в теплову енергію.

У лісовому комплексі України, зокрема в побутово-господарських столярних цехах, ПГК як додатковий нагрівний елемент низькотемпературного джерела теплоти, а саме у геліосушарці для сушіння пиломатеріалів, знайшов широке застосування в умовах помірного континентального клімату України. Наприклад, у зоні Західного Полісся можна повноцінно застосовувати ПГК [1]. Зокрема, на кафедрі енергетики Львівського національного аграрного університету (м. Львів, Україна), було розроблено ряд різних конструкцій ПГК, що є активною системою використання сонячної енергії.

ПГК конструктивно виготовлений у вигляді нероздільного енергетичного блока, що включає в себе коробку з теплоізолюваними стінками, одинарним заскленням і селективною поверхнею на її днищі. Каркас ПГК розміром 1×1,5 м виконаний за класичним щілинним варіантом і складається з дерев'яної рами, що виготовлена з обрізної соснової дошки розміром 25×150×4000 мм. В одній зі сторін дошки була вибрана четверть глибиною 16 мм і товщиною 10 мм для кращої герметизації стін. Під час теплоізоляції стін використали пінопластові плити розміром 985×1485 мм товщиною 12 мм з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda=0,040$  Вт/м·К. Задню стінку ПГК закрили деревоволокнистою плитою розміром 985×1485 мм та оббили алюмінієвою фольгованою теплоізоляційною плівкою з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda=0,020$  Вт/м·К. Для міцності та геометричності корпусу по кутовим бокам дерев'яного каркасу геліоколектора були вмонтовані кутники довжиною 140 мм, які виготовлені із звичайного сталюого профільного кутника 60×60×5 мм. У нижній і верхній частині геліоколектора було висвердлено 18 отворів діаметром  $d=55$  мм. В отвори було заведено і змонтовано круглий метало-поліетиленовий повітропровід діаметром  $d=54$  мм та довжиною 10000 мм для кращого нагрівання та циркуляції повітря у середині колектора.

На вході у повітропровід вмонтовано нагнітальний малогабаритний вентилятор типу УМ1217АНВ1 потужністю 12,6 Вт та продуктивністю

348,3 м<sup>3</sup>/год. Вентилятор живиться постійною напругою 12 В від сонячної батареї типу Perlight PLM-020P/12 потужністю 20 Вт і розробленої автономної системи енергопостачання. Це дало змогу у два рази зменшити в повітропроводі гідравлічний опір циркулюючого повітря і тепловтрати у середині колектора. Відбирання нагрітого теплоносія з повітропроводу колектора, наприклад для потреб геліосушарки, здійснюємо відцентровим вентилятором типу TORNADO DE 100 1F потужністю 45 Вт та продуктивністю 240 м<sup>3</sup>/год.

Стабільний повітрообмін у колекторі забезпечити важко. Тому що він залежить від зміни мінливих, різких, раптових режимів сонячного освітлення та типових (сезонних) метеорологічних умов. Зокрема рівень інсоляції, що впливає на роботу сонячної батареї Вт і автономної системи енергопостачання, а ті в свою чергу на продуктивність вентиляторів.

Верхня частина ПГК виконана із одношарового прозорого покриття, а саме із скла з тепловідбиваючим покриттям твердого типу 0,02 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> з коефіцієнтом випромінювання  $\epsilon=0,1 \dots 0,15$ . Адсорбер виготовлений з тонкого мідного листа товщиною 0,9 мм, покритого з лицьової сторони селективною фарбою типу "Тіпox" товщиною 4,5 мкм. Повітря подається повітропроводом через отвори між тильною частиною мідної підкладки ПГК та алюмінієвою фольгованою теплоізоляційною плівкою, яке одночасно служить нижнім покриттям ПГК. Виступи профілю розташовані поперек потоку повітря для його турбулізації з метою підвищення ефективності тепловіддачі адсорбера.

З метою збільшення ефективності тепловідводу від адсорбера повітряний потік турбулізували вибором перерізу щілин, швидкості потоку або додатковими конструктивними елементами. Таким чином, відповідає необхідність подвійного засклення, а невелике зменшення температури вихідного потоку компенсується збільшенням теплопродуктивності колектора. Тому, для підвищення ефективності тепловіддачі тильного боку адсорбера прикріплюють додаткові опори у вигляді гнутих тонколистових мідних швелерів висотою 20...30 мм. Вони підвищують жорсткість адсорбера і запобігають його коливанням при взаємодії з турбулізованим потоком повітря. Схематична будова ПГК наведена на рис. 1, а етапи монтажу на рис. 2.

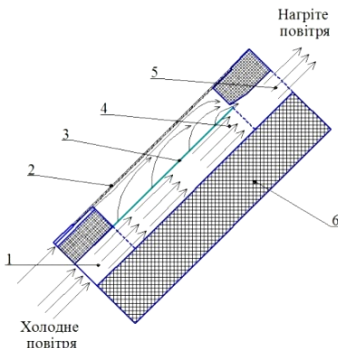


Рисунок 1 – Структурна схема будови повітряного геліоколектора: 1 – вхідний канал; 2 – одношарове прозоре покриття; 3 – адсорбер; 4 – повітропровід; 5 – вихідний канал; 6 – теплоізолююча стінка

Для стаціонарного ПГК у два літні місяці максимальна чутливість приросту теплопродуктивності від зміни кута нахилу  $\beta_{\text{опт}}$  до горизонту становить 20%, а у два осінні місяці теплопродуктивність колектора несуттєво залежить від кута нахилу. Оптимальний кут нахилу ПГК для м. Корець Рівненської області (Україна) до горизонту  $\beta_{\text{опт}}$  вибираємо близьким до середньорічного оптимального [1], що становить  $-40,4^\circ$ .

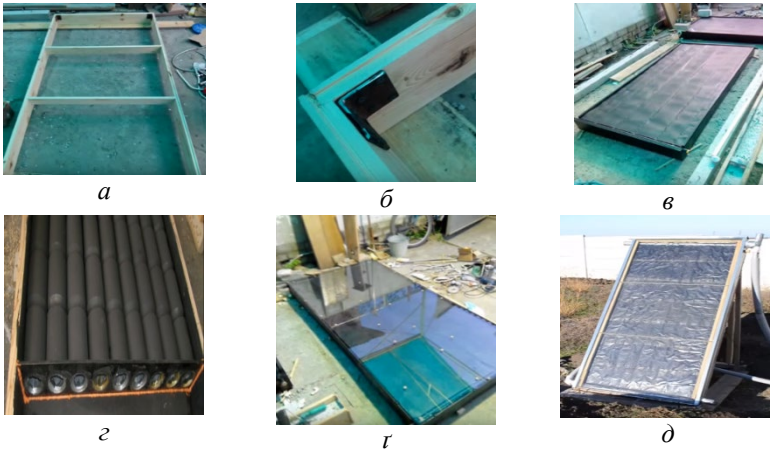


Рисунок 2 – Етапи складання елементів конструкції дослідного зразка повітряного геліоколектора: *a* – складання каркасу колектора; *б* – перевірка геометрії корпусу колектора; *в* – закріплення абсорбера; *г* – розміщення повітряних каналів; *р* – встановлення одношарового скла з тепловідбиваючим покриттям твердого типу  $0,02\% \text{Fe}_2\text{O}_3$ ; *д* – монтаж та пусконаладження дослідного зразка ПГК

Плоский дзеркальний концентратор повертається навколо осі, паралельній довшій стороні ПГК. Ручною зміною кута нахилу в інтервалі від  $0^\circ$  до  $120^\circ$  відбиті промені додатково освітлюють сприймаючу поверхню ПГК зранку до полудня. Після полудня пристрій повороту перевстановлюється на протилежній боковій кромці колектора.

Таким чином, розроблено нову конструкцію та описано поетапне складання елементів дослідного зразка ПГК з герметичним та утепленим корпусом, що може використовуватися як додатковий нагрівний елемент низькотемпературного джерела теплоти для геліосушарки.

Перелік використаних джерел:

1. Korobka S., Babych M., Krygul R., Zdobytskyj A. Substantiation of parameters and operational modes of air solar collector. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. № 3/8(93). P. 16 – 29.

А. І. Коробко<sup>1</sup>, к.т.н., В. С. Шеїн<sup>2</sup>, к.т.н.

1 Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого

2 Харківський національний автомобільно-дорожній університет

## ВИЗНАЧЕННЯ ВІДБРАЦІ РОБОЧОГО МІСЦЯ ТРАКТОРА НАТТАТ А110

Трактор НАТТАТ А110 – колісний, сільськогосподарський, загального призначення, повнопривідний (колісна формула 4К4), тягового класу 1,5, призначений для виконання робіт з навісними, напівнавісними і причіпними гідрофікованими машинами та знаряддями на оранці середніх ґрунтів, суцільній культивациі, боронуванні, ранньовесняному закритті вологи, передпосівному обробітку ґрунту, посіви, для виконання збиральних, плантажних, землерийно-дорожніх, дорожньо-будівельних та транспортних робіт з причепами і напівпричепами на магістральних дорогах і в умовах бездоріжжя, а також використовуються як база для дорожньо-будівельних машин та машин, які застосовуються в лісовій промисловості.

Коротка технічна характеристика трактора НАТТАТ А110 за Технічним описом та Настановою з експлуатування наведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Коротка технічна характеристика трактора НАТТАТ А110

1	Тип	Колісний, сільськогосподарський, загального призначення
2	Тяговий клас	1,5
3	Маса експлуатаційна, кг	4815
4	Габаритні розміри: довжина/ширина/висота	4,340 x 2,165 x 2,910

Метод випробувань: парціальних прискорень; вимірювалось вертикальне прискорення в кабіні трактора при русі агрофоном стерня озимини під кутом 30° до посівних гонів. Оцінювання проводилось за розподілом вертикальних прискорень.

Випробування проводились з використанням розробленої вимірювальної системи «Вимірювально-реєстраційний комплекс для випробувань мобільних машин і їх елементів» модифікації «ВДВММ 4-001» [1], призначеної для вимірювань кінематичних і динамічних параметрів руху.

Вимірювальна система (рис. 1), складається з обчислювального блоку (1), акселерометрів ММА7260QT (2, 3), дисплею (4), блоку живлення (5) і клавіатури (6). У системі передбачені роз'єми для підключення чотирьох акселерометрів.

Інформація про параметри, що вимірюються одержується шляхом математичної обробки сигналів вимірних акселерометрами. Межі похибки вимірювання лінійних прискорень  $\pm 1\%$ .

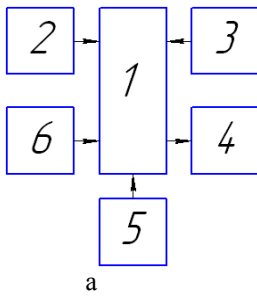


Рис. 1 – Вимірювальна система для визначення кінематичних і динамічних параметрів руху мобільних машин: а – структурна схема; б – загальний вид

#### Результати випробувань.

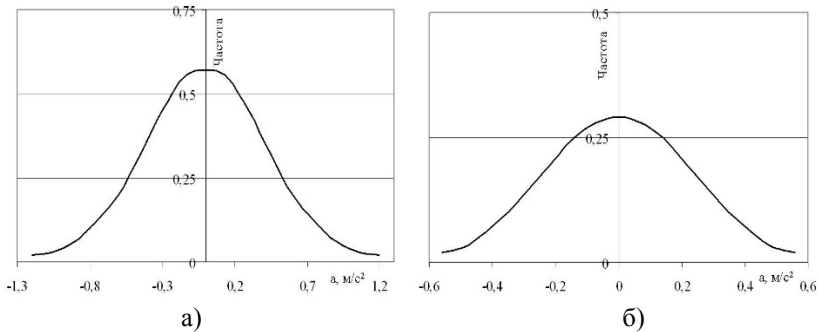


Рис. 2 – Розподіл вертикальних прискорень, що виникають під час руху: а) давач закріплено на: остові трактора; б) давач закріплено в кабіні трактора

За результатами випробувань трактора НАТТАТ А110 з визначення вібронавантаженості робочого місця оператора методом парціальних прискорень визначено, що під час руху трактора агрофоном «стерня озимої пшениці» кабіна і сидіння оператора в понад два рази гасить вертикальні коливання остову трактора, що виникають при його русі.

#### Перелік використаних джерел:

1. Коробко А. І. Удосконалення методів та метрологічного забезпечення проведення динамічних випробувань автомобілів : дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02 / Андрій Іванович Коробко. Х., 2013. 176 с.



Е.В. Кужель<sup>1</sup>, М.М. Рудинець<sup>2</sup>, к.т.н., М.М. Скалига<sup>2</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup> Патентний повірений України, рег. № 144

<sup>2</sup> Луцький національний технічний університет

## **АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ЯК СУЧАСНИЙ ТРЕНД БІОЕНЕРГЕТИКИ В АПК**

Аксіомою життєдіяльності людства є те, що енергетика, як галузь знань і виду діяльності – є основою економічного і соціокультурного розвитку суспільства. Показники енергозабезпечення визначають і як рівень промислового розвитку, і як рівень добробуту громадян будь-якої держави. Дорогі енергоресурси та їх нестабільне постачання не в змозі стимулювати стабільний розвиток економіки, а навпаки сприяють кризовим явищам, занепаду екологічності, енергонебезпечності, а тому саме стану енергетики усі країни світу приділяють особливу увагу. [1]

Річне споживання енергії у світі оцінюється приблизно у 14 млрд тон умовного палива. Це енергія є в основному енергією видобутих корисних копалин (газ, нафта, торф, вугілля). Однак, на зламі тисячоліть стали спостерігатися загальні тенденції зміни у структурі енергоресурсів, застосовуватися засоби підвищення енергоефективності виробництва, енергозбереження та технології ощадного використання енергоносіїв. Такі тенденції пов'язані з наступними обставинами:

- поступове зниження продуктивності розвіданих родовищ горючих копалин, суттєве зменшення вже існуючих запасів енергоносіїв;
- погіршення екології через кліматичні зміни;
- стрімке підвищення вартості паливоенергетичних ресурсів ;
- світове підвищення попиту на енергоресурси.

Зазначені обставини сформулювали нові тренди в розвитку енергетики: акцент змінився на використання нетрадиційних та відновлювальних джерел: біомаси, сонячної, вітрової, геотермальної, енергії морських хвиль.

Енергетичною стратегією України на період 2030 року схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України ще у 2006 році № 145-р передбачено зменшення використання природного газу з 76,4 млрд м<sup>3</sup> до 49,5 млрд м<sup>3</sup> у 2030 році (або майже на 36%), що фактично означає курс на зменшення споживання цього природного ресурсу майже у два рази. З огляду на таке положення та з врахуванням об'єктивно існуючого енергодефіциту, що виник в Україні через недостатню кількість власних традиційних енергоносіїв – нафти і газу великого значення набувають нетрадиційні (альтернативні) джерела енергії, зокрема енергії біомаси, яка все ширше використовується при переробці відходів сільськогосподарського виробництва в сфері АПК.

В умовах сучасного стану економіки молодій Українській державі, нетрадиційні енергоресурси необхідно оцінювати по новому:

- приділяти більш пильну увагу використанню нетрадиційних видів палива (яке до речі на даний час використовується лише на 10-12 %);
- активізувати використання державних програм з розвитку досліджень і технологічних баз задля створення власних вітроустановок, біогазових генераторів, розробки яких залишаються на папері через відсутність фінансової державної підтримки та зацікавленості з боку приватних інвесторів;
- ініціювати перед Кабінетом Міністрів України подачу пілотних проектів з розробкою пільгових умов у співпраці з країнами ЄС з метою розробки і серійного виробництва конкурентоздатного обладнання з переробки біомаси, переважно у сфері АПК. [2]

На шляху просування України до членства в ЄС їй вкрай потрібне здійснення заходів, що створюють сприятливі умови використання альтернативних і відновлювальних джерел енергії, враховуючи при цьому відповідні Директиви Європарламенту і Ради ЄС. Так, на своєму засіданні в грудні 1994 року Рада ЄС відзначила, що запропонованої стабільності обсягів викидів CO<sub>2</sub> можна досягти тільки проведенням скоординованої низки заходів, щодо поліпшення ефективності використання енергії, які базуються на пропозиціях і попиті на всіх рівнях виробництва і споживання енергії.

Нині увага українського суспільства чи не найбільшою мірою прикута до газозабезпечення України, як одного з чинників енергобезпеки.

В пошуках підходів для масштабного використання біогазу Урядом країни поставлене завдання освоїти технології конверсії тваринницьких, рослинницьких та інших органічних відходів. Масштабне освоєння цієї технології забезпечить аграрний сектор країни не тільки кондиційними енергоносіями а й високоякісним добривом, завдяки чому може бути зупинена деградація чорноземів, значне зростання врожайності сільськогосподарських культур. Зазначимо, що нещодавно Уряд ФРН зважаючи на ситуацію на світовому ринку природного газу поставив завдання збільшити виробництва біогазу до обсягів – достатніх для заміщення 50% імпортованого природного газу. Такі дії ФРН – це не тільки відповідь на виклик часу, а й турбота про майбутнє держави і народу. [3]

Не варто нехтувати ініціативними зусиллями наукової та технічної еліти наших співвітчизників. Так, наприклад, порівняно нещодавно авторами розроблено та захищено патентом України «Спосіб поділу біогазу на компоненти», який надає можливість отримання горючого газу з 98% вмістом метану з отриманням додаткового корисного продукту у вигляді діоксиду вуглецю, призначеного для виробництва «сухого льоду». [4] Запатентована технологічна схема достатньо проста, економічно високоефективна, а тому може бути використана у комунальних підприємствах, в сільських місцевостях як отриманий високоякісний енергоносій з високою теплотворною здатністю.

Отже, резюмуючи згадані у тезах і запропоновані технічні рішення в питаннях біоенергетики, переважно у сфері АПК, автори, при пролонгації розпочатих досліджень можуть скласти патентні профілі та патентні карти для

створення патентного ПУЛу із залученням інвестицій з використанням коштів ЄС задля зміцнення енергобезпеки країни.

Перелік використаних джерел:

1. О.М. Адаменко, Я.О. Адаменко, Л.Я. Вітко, В.В. Височанський, Д.О. Зорін, Я.Я. Жовтюк, В.Льотка, М.І. Михайлів. Монографія «Альтернативні палива та інші нетрадиційні енергоресурси», Радом, Польща, 1999 р.
2. Косой Б.В. «Альтернативна енергетика та шлях України до Європейського Союзу», Одеська державна академія холоду, м. Одеса, 2007 р.
3. Онішко О.Ф., Зінченко О.О., Коробко Б.П., Миханюк В.М., «Енергетична безпека України можлива», Українська академія наук, м. Київ, 2018 р.
4. Патент України № 128932, МПК С02F 11/04, 2018 р.

УДК 631.554

А. Я. Кузьмич, к.т.н.

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

## **ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБІВ ЗБИРАННЯ НЕЗЕРНОВОЇ ЧАСТИНИ УРОЖАЮ КУКУРУДЗИ**

Зменшення світових запасів нафти і газу, а також збільшення затрат на їх видобування і переробку спонукає до пошуку альтернативних джерел енергії. Україна має значний потенціал біомаси, придатної для виробництва енергії. Економічно доцільний енергетичний потенціал біомаси в країні складає близько 20–25 млн т у.п./рік при загальному споживанні первинної енергії в розмірі 175 млн т у.п./рік [1].

Основними складовими потенціалу є побічна продукція сільськогосподарського виробництва рослинного походження, зокрема незернова частина урожаю (НЧУ) кукурудзи і соняшнику. Одним із найбільш вагомих аргументів на користь використання цих культур на енергетичні цілі є посівні площі вирощування кукурудзи і соняшнику в Україні. Згідно даних Держкомстату площі вирощування кукурудзи в Україні в 2020 році становили близько 5,4 млн га. Із врахуванням науково обґрунтованої частки (30–40%) рослинних решток, яку можна використати для виробництва енергії, потенціал використання на енергетичні цілі НЧУ кукурудзи складає до 12 млн т.

Аналіз останніх досліджень дозволяє стверджувати, що на сучасному етапі відсутні науково обґрунтовані технологічні процеси збирання та ефективні технічні засоби, що здатні забезпечувати отримання якісної сировини з НЧУ в необхідній кількості [2].

Аналіз технологій та технічних засобів, які використовуються і або можуть бути використані для збирання незернової частини урожаю кукурудзи

мають суттєві обмеження при їх використанні на збиранні НЧУ на енергетичні цілі.

Тому виникає необхідність проведення досліджень з пошуку шляхів підвищення енергетичної ефективності процесу збирання та обґрунтування енергоефективних технологій і технічних засобів для збирання НЧУ кукурудзи на енергетичні цілі.

Мета досліджень. Підвищення ефективності збирання НЧУ кукурудзи на енергетичні цілі шляхом обґрунтування технології збирання.

Для порівняння ефективності різних способів були складені технологічні карти та розраховані значення приведених витрат на збирання 1 т НЧУ кукурудзи в пресованому вигляді за трьох варіантів збирання (рис. 1).

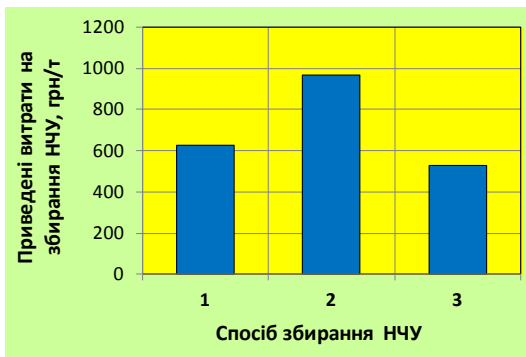


Рис. 1 – Приведені витрати на збирання НЧУ кукурудзи за різних способів: 1 – збирання НЧУ із формуванням валків за допомогою причіпних подрібнювачів-валкоутворювачів; 2 – збирання НЧУ зі збором листострижневої суміші в причіпний копнувач та формуванням паків на краю поля; 3 – збирання НЧУ із формуванням валків за допомогою жниварки комбайна.

Аналіз отриманої залежності свідчить про значне зростання приведених затрат за способом 2 збирання НЧУ кукурудзи, внаслідок низького обсягу збору листострижневої суміші (в межах 10–12%), що проходить крізь молотарку зернозбирального комбайна.

Збирання НЧУ кукурудзи за способом 3, із формуванням валків за допомогою жниварки зернозбирального комбайна, дозволяє зменшити приведені витрати на 18% у порівнянні з технологією збирання з формуванням валків за допомогою причіпних подрібнювачів-валкоутворювачів, що обумовлено зменшенням кількості проходів збиральних агрегатів по полю.

Висновки. Ефективність збирання НЧУ кукурудзи на енергетичні цілі в пресованому вигляді можна підвищити завдяки формування валків листостеблової маси за допомогою жниварки зернозбирального комбайна для

досушування та наступного підбирання їх серійними прес-підбирачами. Це дозволить збирати 50–70 ц/га маси за рівня вологості 20–25% та приведених витратах в межах 500–550 грн/т.

Перелік використаних джерел:

1. Гелетука Г. Г., Железна Т. А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. Аналітична записка БАУ. 2013. № 7. 20 с.
2. Аспекти процесів збирання незернової частини врожаю кукурудзи та соняшнику як твердого біопалива / В. В. Адамчук та ін. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2019. Вип. 9 (108). С. 10–20. DOI:10.37204/0131-2189-2019-9-1

УДК 631.31

В. Л. Куликівський, В. І. Маркус  
Поліський національний університет

## **ВПЛИВ АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ НА АТМОСФЕРНУ КОРОЗІЮ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН**

Підвищити зносостійкість робочих органів ґрунтообробних машин можливо трьома засобами: конструкційними, технологічними, експлуатаційними. До сьогодні переважну більшість досліджень даного напрямку присвячено вивченню конструкційних та технологічних засобів (наприклад, створення нових триботехнічних матеріалів, нанесення зносостійких покриттів на поверхню металу різними методами, оптимізація геометрії деталей, забезпечення самоорганізації вузлів тертя і т.д.). Значно менше уваги приділено вивченню експлуатаційних засобів, незважаючи на те, що за даними В. М. Ткачова вони дозволяють підвищити абразивну зносостійкість деталей машин в 1,5...3 рази [1].

В процесі зберігання робочі органи ґрунтообробних машин піддаються атмосферній корозії і після відновлення експлуатації таких органів інтенсивність їх зношування зростає. У зв'язку з цим захист від корозії необхідно розглядати як важливий фактор підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин.

Фундаментальні дослідження атмосферної корозії деталей сільськогосподарських машин провів видатний білоруський вчений М. М. Северньов. Дослідження проводились в виробничих умовах Республіки Білорусь на спеціальних зразках.

Незважаючи на велику практичну цінність проведених досліджень, вони мають ряд недоліків:

- дослідження проводилися на сталях, які на сьогодні не використовуються для виробництва робочих органів ґрунтообробних машин (окрім сталі 65Г);

- дослідження проводилися лише в одній кліматичній зоні;

- в процесі досліджень не враховувався вплив способу термічної обробки сталі на інтенсивність корозії;

- при дослідженнях не враховано можливість нанесення захисних покриттів при зберіганні;

- установка за способом «гільза» не відтворює реальні умови зношування робочих органів ґрунтообробних машин.

- зразки не піддавалися абразивному зношуванню перед зберіганням, що не дозволяє оцінити можливість використання залежностей М. М. Северньова для опису процесу атмосферної корозії поверхні робочих органів ґрунтообробних машин [2].

Для аналізу наведених недоліків були проведені дослідження в 24 сільськогосподарських підприємствах ґрунтово-кліматичних зон Полісся та Лісостеп. Огляд робочих органів ґрунтообробних машин виконували 1 раз на місяць.

Отримані результати дозволяють зробити наступні висновки:

- способи зберігання ґрунтообробних машин розподіляються у таких співвідношеннях: 71% – на відкритих майданчиках (асфальтованих або бетонних), з них 12% з нанесенням захисного покриття; 29% – під навісом на майданчиках (асфальтованих або бетонних), з них 74% з нанесенням захисного покриття. Як захисне покриття в переважній більшості випадків (понад 95%) використовують відпрацьоване моторне мастило. Такі результати вказують на необхідність проведення дослідження впливу захисних покриттів на інтенсивність атмосферної корозії робочих органів ґрунтообробних машин;

- в перші дні зберігання ґрунтообробних машин на поверхні робочих органів відсутні явні ознаки атмосферної корозії.

- в процесі зберігання атмосферна корозія протікає інтенсивніше на поверхні робочого органу яка піддається абразивному зношуванню.

Це можна пояснити особливостями механізму абразивного зношування, адже взаємодія абразивних частинок ґрунту з поверхнею сталі проявляється переважно в її пластичному деформуванні, а також формуванні та зношуванні вторинних структур. Тобто в поверхневому шарі сталі утворюються дефекти кристалічної будови, що сприяють утворенню оксидів на поверхні.

Отримані результати свідчать про неможливість використання залежностей М.М. Северньова для визначення величини корозійного руйнування поверхні робочих органів ґрунтообробних машин в залежності від тривалості та способу їх зберігання, оскільки в них не урахований активаційний вплив попереднього абразивного зношування на протікання атмосферної корозії поверхні в реальних умовах.

Висновки:

1. Атмосферна корозія протікає інтенсивніше на поверхнях, які піддаються попередньому абразивному зношуванню.

2. Залежність інтенсивності абразивного зношування від величини корозійного руйнування (встановлена М.М. Северньовим [2]) не може бути використана на практиці, оскільки вона не враховує попереднього абразивного зношування сталі.

Перелік використаних джерел:

1. Ткачев В. Н. Работоспособность деталей в условиях абразивного изнашивания. Москва : Машиностроение, 1995. 336 с.
2. Севернев М. М. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин. Минск: Беларус. навука, 2011. 333 с.

УДК 631.31:621.9.048.4: 621.891

В.Л. Куликівський, Д.А. Климчук, А.А. Климчук, Б.В. Жека, І.П. Фещук  
Поліський національний університет

## **ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ СТАЛІ 65Г ПІСЛЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ**

Електроерозійна обробка входить в сучасні технології як один з перспективних способів виготовлення і обробки деталей з важкооброблюваних матеріалів, що дозволить зменшити трудомісткість і вартість процесів виготовлення та обробки.

Електроерозійна обробка полягає в зміні форми, розмірів, шорсткості і властивостей поверхні заготовок під дією електричних розрядів в результаті електричної ерозії.

Така обробка характеризується рядом позитивних особливостей: практичною незалежністю швидкості, якості і продуктивності обробки від фізико-механічних властивостей оброблюваних матеріалів; відсутністю необхідності в спеціальних інструментах або абразивах більш твердих, ніж оброблюваний матеріал; значним скороченням витрат матеріалів; відносною нескладністю технологій; можливістю місцевої обробки виробів великих габаритів без застосування спеціальних великих верстатів; перспективою повної механізації й автоматизації; високою продуктивністю і економічною ефективністю, зниженням трудомісткості обробки.

Але, незважаючи на позитивні сторони, електроерозійна обробка не набула широкого застосування в промисловості тому що: не вивченні питання впливу якості поверхні на працездатність деталей; можливість виникнення внутрішніх напружень; не можливо керувати якістю поверхні з отриманням характеристик в заданому співвідношенні.

Дослідження і впровадження у виробництво електроерозійних способів обробки металів в Україні здійснювали: ХТЗ ім. Оржонікідзе, ГОСНИТИ, Одеський національний політехнічний університет, Харківський політехнічний університет, Харківський підшипниковий завод, ННЦ «ІМЕСГ».

Зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин електроерозійною обробкою досліджували і впроваджували у виробництво ННЦ «ІМЕСГ», ГОСНИТИ. В 1997 році, лемеші, відновленні електроерозійною обробкою за технологією ННЦ «ІМЕСГ», пройшли державні випробовування в Укр НДІПВТ.

Ресурс відновлених лемешів до вибракування складає 27 га, що відповідає вимогам ДСТУ 2416-94 (20 га) [1].

Враховуючи попередній досвід у зміцненні лемешів плугів електроерозійною обробкою, нами при відновленні дисків був застосований аналогічний спосіб для нанесення покриття на робочу поверхню диска.

Для ремонту дисків нами були виготовленні ремонтні вставки, що мали геометричну форму його зуба. Електроерозійною обробкою, було отримано матеріал, що складається з двох шарів: твердого (зовнішнього) та більш м'якого (в'язкого, внутрішнього). Це має забезпечити умову їх самозаточування та неможливість викришування та відламування.

Загострення кромки леза ремонтної вставки, яка була виготовлена з листової сталі 65Г товщиною 6 мм, здійснювалось електроерозійною обробкою, що дозволяє одночасно одержувати відповідне зміцнення.

Режим для обробки був вибраний наступний: струм 400 А, напруга 35-45 В, швидкість обробки  $5-6 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$ , частота обертання диска електрода  $3-3,7 \text{ с}^{-1}$ , температура охолоджувальної рідини не перевищувала  $40^\circ \text{C}$

Твердість сталі 65Г до обробки становила 37..42 HRC, а після електроерозійної обробки – 52...60 HRC.

Покриття нанесене на ремонтні вставки дискової борони зображене на рис. 1



Рис. 1 Електроерозійне покриття робочої поверхні важких дискових борін



Після зміцнення робочі вставки були приварені до дисків, які були попередньо підігріті, а зварені диски повільно охолоджувались в термосі. В подальшому відновленні диски були встановлені на борону «АКРІЛ» в корпорації «Сварог» Шепетівського району Хмельницької області, де проходять функціональні та ресурсні випробування.

Під час експлуатаційних досліджень було констатовано рівномірне спрацювання зубів за діаметром з інтенсивністю 0,045 – 0,054 мм/га (для дисків БДВ-7 даний показник становить 0,11 – 0,12 мм/га та 0,05 – 0,078 мм/га для дисків важкої борони Bellota). З даних результатів видно, що зносостійкість дисків зміцнених електроерозійним методом зростає навіть в порівнянні з іноземними серійними дисками, які виготовлені із високоякісного металу.

Незважаючи на велику твердість робочих органів, викришування зубів не спостерігалось. Це пояснюється тим, що в'язкість внутрішнього шару залишилася незмінною після електроерозійної обробки.

Перелік використаних джерел:

1. ДСТУ 2416-94. Плуги загального призначення та лушильники лемішні. Загальні технічні умови. [Чинний від 1995-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 1995. 25 с.

UDK 629.366

Mgr. V. Matušek<sup>1</sup>, PhD, Taras Shchur<sup>2</sup>, PhD

<sup>1</sup> Slovak University of Agriculture, <sup>2</sup>Lviv National Agrarian University

## **METHODS FOR DETERMINING THE POSITION OF TRACTOR'S CENTRE OF GRAVITY**

The aim of this paper is to show different methods of determination of a position of a center of gravity of tractors in technical praxis. The center of gravity can be determined graphically, by calculation and experimentally. The calculation of a position of the center of gravity by means of applying mathematics, statics and physics in engineering branches. Apart from other methods, the most frequently used method is the weighing method of finding the location of the center of gravity.

Tractors are the most important agricultural machinery. Modern tractors have powerful engines, hydraulic and electrical components. While modern tractors have become safer due to wheel balances and adjustments, or twin wheels and track width, the issue of tractor stability is still important. Any tractor can overturn depending on various physical principles. The centre of stability is the centre of gravity. If we want the tractor to remain in an upright position, its centre of gravity must remain at the basic stability of the tractor. The basic stability parameters are imaginary lines drawn

between the points where the tractor tires touch the ground. The line joining the contact points of the rear tire is the baseline of stability of the rear of the vehicle, while the lines joining the rear and front tires on the same side are the baselines of lateral stability.

In their contributions, the authors talk about various ways of determining the calculation of the tractor's centre of gravity. Emphasizes the importance of centre of gravity, the importance of the focus, the discrepancy between the plow width and the tractor width that leads to the asymmetry of plowing units [4]. The geometry of the plow share surface of the moldboard plow contributes to the generation of lateral forces on the working tool. All this leads to the imbalance of the tool and the deviation of the tractor from straight-line movement during plowing. Points out, that the introduction of new technologies on board of agricultural machinery is constant, for greater energy performance and operational efficiency [3]. The objective of their experiment was to evaluate the energy and operational efficiency of an agricultural tractor with automatic management of transmission and engine rotation, subjected to traction of different loads. Explains that the mathematical description of vehicle-ground interactions was implemented to deeply inquiry of the tractor behaviour in different configurations (straight, angled) at increasing values of ground slope; roll and pitch stability indexes were then computed and used for comparisons with conventional tractors [1]. Thanks to the low centre-of-gravity, the resulting rollover angle with the vehicle in straight configuration is promising ( $43.8^\circ \rightarrow 96\%$ ): it is greater than the maximum lateral ( $20^\circ \rightarrow 36\%$ ) and frontal ( $38^\circ \rightarrow 78\%$ ) slope angle ever recorded on terraced vineyards. The same rollover angle is lower when the tractor turns. The experimental determination of the centre of mass of a body uses gravity forces on the body and relies on the fact that in the parallel gravity field near the surface of the earth the centre of mass is the same as the centre of gravity.

Say, that tractors overturning is a leading cause of fatalities for farmers [2]. In Japan, small tractors are used for farming on harsh terrain, such as slippery fields and steep passage slopes. On such potentially dangerous terrain, steering instability induced by bouncing and sliding can cause tractor overturning accidents. Steering instability can also deteriorate the precision of trajectory tracking in autonomous driving tractors.

In the simulations, the tractor's travel velocity, the static friction coefficient, the bump length, and the turning radius were considered as control parameters.

The centre of mass of a body with an axis of symmetry and constant density must lie on this axis. Thus, the centre of mass of a circular cylinder of constant density has its centre of mass on the axis of the cylinder. In the same way, the centre of mass of a spherically symmetric body of constant density is at the centre of the sphere. In general, for any symmetry of a body, its centre of mass will be a fixed point of that symmetry [3].

When calculating the centre of gravity, we must take into account the parameters that are important factors in determining the position of the centre of gravity:

- location of the centre of gravity,
- traction produced by the traction devices,
- surface condition and slope of surface on which tractor is used,
- type of hitch system,
- load characteristics of the implement being used,
- power take off- both stationary as well as tractive,
- response of the tractor to dynamic forces.

The following methods are used to determine the position of the centre of gravity:

#### Suspension Method

IF a tractor is initially suspended from a point on, say the front axle using a crane hoist taking care that the front axle and rear axle are horizontal, then the centre of gravity will be on the vertical plane passing.

#### Suspension Method I

Through the point of suspension. If this can be repeated using another point of suspension, another vertical plane is derived. The point of inter section of these planes is the centre of gravity of the tractor.

#### Suspension Method II

If a tractor is suspended using ropes (or chains) in such a way that one side is longer than the other. The tractor is suspended twice in such a way that one side is longer than the other. The tractor is suspended twice in such ways that in one case the longer side is attached to the rear axle and reverse in the second case. The intersection of the two vertical planes got in that case gives the location of the centre of gravity of the tractor.

#### Weighing Method

For a tractor under dynamic or in operating conditions, the weight on the wheels be different from the static values. These changes are termed as 'weight transfer' or the changes in the vertical longitudinal plane, i.e., from front to rear because these have the greatest influence on tractor performance. Weight transfer is a normal outcome of the action of the forces generated on the tractor chassis by the ground and by the implement. It occurs whenever and how the tractor is loaded, including the 'no' load case where there is some weight transfer due to the torque on the rear wheels required to propel the tractor against the rolling resistance of all the wheels. It is also normally a desirable outcome because the tractor is designed to take advantage of it by having at least some of the driving wheels at the rear where, for normal forward operation, the increase in rear wheel weight is proportional to the drawbar pull. In reverse gear and in the 'over-run' condition, (the implement pushing the tractor) the forces toward the front of the tractor transfer weight from the rear wheels to the front wheels, a fact which affects the performance of the tractor

in this type of work and when braking. The weighing method of finding the location of the centre of gravity can be used in the laboratories. A weighing scale can be used to measure the total weight of the tractor and the reactions acting on the two wheels.

Thus, our research has confirmed that the best strategy for stabilizing a tractor against overturn is to lower the tractor's centre of gravity and increase the tractor's wheel track width simultaneously. Further research into the tractor's centre of gravity will increase not only the safety of tractors and operating staff, but also safety of other agricultural machinery to which these calculations can be applied.

#### References:

- [1] Mazzetto F., Bietresato M., Gasparetto R. & Vidoni A. (2013) *Simulated stability tests of a small articulated tractor designed for extreme-sloped vineyards* In: [Journal of Agricultural Engineering](#). DOI: [10.4081/jae.2013.375](#)
- [2] Masahisa W., & Kenshi S. (2020). *Numerical analysis of steering instability in an agricultural tractor induced by bouncing and sliding*. In: [Biosystems Engineering](#). p. 108-116. DOI: [10.1016/j.biosystemseng.2020.01.014](#)
- [3] [Strapasson, L.](#), [Jasper, S.](#), [Kmieciak, L.](#), [da Silva, T.](#) & [Savi, D.](#) (2021). *Performance of agricultural tractor with and without automatic transmission and engine rotation management*. In: *Revista brasileira de engenharia agricola e ambiental* p. 498-502, DOI: [10.1590/1807-1929/agriambi.v25n7p498-502](#)
- [4] [Troyanovskaya, I.](#), [Zhakov, A.](#), [Grebenshchikova, O.](#), [Voinash, S.](#) & [Timofeev, E.](#) (2021). *Directional Stability of an Agricultural Tractor*. In: *FME TRANSACTIONS*. p. 456-462. DOI: [10.5937/fme2102456T](#)

УДК 621.43

С.В. Міненко, І.Р. Кот, Б.В. Чорний  
Поліський національний університет

### **СТАН ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ДВИГУНА**

В процесі експлуатації автомобіля його деталі, системи піддаються природному зносу, виникають підвищені люфти в спряжених деталях, порушуються регулювання агрегатів і систем, виникають вібрація, дисбаланс і інші явища. Основна умова надійної і довговічної роботи автомобіля в цілому і окремих його агрегатів – грамотна експлуатація автомобіля, своєчасне виявлення і усунення експлуатаційних несправностей.

Двигун автомобіля діагностують для виявлення потреби в регулюванні або ремонті після встановленої напрацювання, у випадках відсутнього зниження потужності і збільшення витрати палива, при підвищеній витраті

палива, при підвищеній витраті масла, падіння тиску масла, стуку, димності, нерівномірної роботі. Для підвищення ефективності технічного обслуговування і ремонту автомобіля потрібна індивідуальна інформація про їх технічний стан до, і після обслуговування .

Діагностика ГРМ здійснюється багатьма способами: по шумам і стукам за допомогою механічних та електронних стетоскопів;

- по акустичним сигналам із застосуванням віброакустичних пристроїв і приладів;

- за відносним виміром витоку стисненого повітря, що подається в надпоршневий простір циліндрів (для оцінки стану клапанів);

Останнім часом все більше випускається діагностичних приладів, які використовують інформацію від вібродатчиків, так звані віброметри, які встановлюють в певних місцях агрегату. Аналіз шуму і вібрацій, що виникають при роботі механізмів, дає можливість контролювати всі рухомі сполучення, в яких виникають ударні навантаження. Цим методом можна перевіряти стан кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів.

Діагностування по шумах і вібраціях, тобто по коливальним процесам пружного середовища, що виникають при роботі механізмів, використовують при віброакустичному методі діагностування двигуна. Джерелом цих коливань є газодинамічні процеси (згорання, випуск, впуск), регулярні механічні зіткнення в спряженнях за рахунок зазорів і нерівноваженості мас, а також хаотичні коливання, обумовлені процесами тертя. При роботі двигуна всі ці коливання накладаються один на одного і, взаємодіючи, утворюють випадкову сукупність коливальних процесів, що називається спектром. Завданням віброакустичного методу діагностування є усунення перешкод, виділення корисних сигналів і розшифровка параметрів коливального спектра.

Віброакустичним способом можна визначити величину зазорів між торцем клапана і коромислом, а також оцінити технічний стан ряду інших спряжень двигуна. Незважаючи на перспективність цього методу, він не знайшов широкого практичного застосування через відсутність спеціальної контрольної-вимірювальної і реєструючої апаратури, що дозволяє швидко, а головне, точно визначати технічний стан окремих деталей двигуна.

Діагностування автотракторної техніки на основі кількісного і якісного складу відпрацьованих газів двигуна дозволяє дати оцінку технічного стану тільки двигуна і системи живлення. Наприклад, використовується такий параметр, як тиск газів в картері двигуна, який вимірюється п'єзографом. Цей спосіб визначення технічного стану циліндро-поршневої групи двигуна ґрунтується на вимірі витоку газів з надпоршневого простору. Чим більше газів в одиницю часу проривається в картер двигуна, тим вище в ньому тиск, так як їх виходу в навколишнє середовище перешкоджає ущільнювач і система, що з'єднує його з навколишнім середовищем через фільтр вентиляції, який може засмолятися і засмічуватися.

Поки не вдалося виявити кількісну залежність тиску газів в картері від технічного стану двигуна, але для орієнтовної оцінки технічного стану циліндро-поршневої групи цей метод цілком придатний. Стосовно до газорозподільного механізму цей метод діагностування мало придатний, так як він не дозволяє з достатнім ступенем точності визначити технічний стан і відповісти на питання: у чому конкретна причина несправності?

Крім перерахованих методів діагностування газорозподільного механізму, існує метод на основі аналізу рівномірності пульсацій тиску відпрацьованих газів на зрізі вихлопної труби, розроблений фахівцями американської компанії SenX Tecnology. Даний прилад називається FirstLook Sensor, в перекладі з англійської first look означає "перший погляд". За допомогою аналізу осцилограм, що характеризують ефективність роботи циліндрів двигуна, можна з достатнім ступенем точності, визначити який циліндр працює з перебоями. Однак даний метод не позбавлений таких недоліків, як кваліфікація і досвід діагноста-оператора, не дозволяє визначити локальну причину, через що саме не допрацьовує той чи інший циліндр двигуна.

Існуючі методи та засоби діагностування газорозподільного механізму не завжди ефективні при діагностуванні певних несправностей і порушень регулювань. Це пов'язано, перш за все, з рядом людських чинників: кваліфікація оператора; досвід оператора; психічний стан оператора; фізичний стан оператора.

А також недоліки методу діагностування, які полягають в наступному: невисока оперативність діагностування; дозволяють виконувати тільки загальну діагностику; висока трудомісткість діагностування;

Крім перерахованих недоліків існуючих методів діагностування, зіставляючи з можливістю галузі сільського господарства до їх застосування та впровадження можна відзначити високу вартість засобів діагностування.

Пошук методів контролю параметрів ДВЗ без його розбирання – одна з найбільш помітних тенденцій останнього часу. Про це говорить зокрема, такий факт, що все більше число сучасних тракторів та автомобілів оснащуються або вбудованими системами контролю, або системою датчиків, до яких підключається стаціонарні контрольні пристрої. Розроблений нами метод діагностування газорозподільного механізму дозволить без розбірних операцій зробити діагностику об'єкта, виключаючи перераховані недоліки. Крім того, даний метод діагностування дозволить визначити функціональні зв'язки між параметрами технічного стану та діагностичними параметрами.

Сутність запропонованого нами методу діагностування газорозподільного механізму полягає в вимірі широко інформативного сигналу пульсації газів у впускному і випускному трубопроводах в режимі примусового прокручування колінчастого вала двигуна. Для виявлення діагностичного параметра необхідно, математично описати процеси, що

відбуваються в газорозподільному механізмі в залежності від параметрів технічного стану в режимі тестового впливу.

Таким чином, проведений аналіз методів і засобів діагностування газорозподільного механізму показує, що необхідний новий метод діагностування, що дозволить знизити вплив людського фактора на точність постановки діагнозу, також повинен володіти високою оперативністю і достовірністю, що власне можливо реалізувати на базі сучасних комп'ютерних технологій. Для розробки методу диференціального діагностування ГРМ необхідно мати інформацію про динаміку зміни параметрів технічного стану його елементів в процесі експлуатації, а також виявити ті з них, які найбільш схильні до таких змін. На підставі викладеного, було проведено пошуковий експеримент, спрямований на вимірювання і аналіз параметрів технічного стану ГРМ вантажних автомобілів та тракторів, в процесі їх експлуатації.

Було проведено пошуковий експеримент метою, якого було виявлення і аналіз параметрів технічного стану газорозподільного механізму, що найбільш часто виходять за рамки значень встановлених заводом виробником.

Обсяг вибірки, необхідний для проведення експерименту, визначався за стандартною методикою методом послідовних наближень. Допустима сумарна похибка засобів вимірювань не перевищує 5%.

Результати перевірки показують що в процесі експлуатації ГРМ найбільше число несправностей і змін регулювань пов'язано зі збільшеним зазором між клапанами і штовхачами (26%) і зменшеним зазором між клапанами і штовхачами (24%).

Так при зменшеному зазорі між клапанами і штовхачами відбувається обгорання випускних клапанів або їх сідел (18%). Крім того, через порушення регулювань в ГРМ виникають несправності пов'язані з зносом або обгорання випускних клапанів (13%).

УДК 62-97/-98

О.О. Налобіна<sup>1</sup>, д.т.н., В.С. Пуць<sup>2</sup>, к.т.н., П.П. Мелесь<sup>2</sup>, аспірант

<sup>1</sup>Національний університет водного господарства та природокористування

<sup>2</sup>Луцький національний технічний університет

## **ТЕЛЕСКОПІЧНІ НАВАНТАЖУВАЧІ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ УКРАЇНИ**

Ефективне функціонування сучасного сільськогосподарського виробництва неможливе без механізації вантажно-розвантажувальних робіт, на які припадає до 40% від усіх виробничих витрат. Вантажно-розвантажувальні і транспортні роботи є зв'язуючими ланками у

технологічних процесах та застосовуються при виробництві всіх сільськогосподарських культур [2]. Рівень механізації навантажувально – розвантажувальних і складських робіт у сільському господарстві ще відстає від рівня механізації аналогічних операцій в інших галузях. Це призводить до простоїв, значних витрат і збільшення собівартості продукції. Різноманіття сільськогосподарських вантажів пояснює застосування різноманітних підйомно-транспортних механізмів: підйомники, лебідки, крани, т.п. Широкого застосування набули навантажувачі (фронтальні, грейферні, безперервної дії та ін.), кожен з яких має свої переваги і недоліки. В останній час у сільському господарстві все більшу нішу починають займати телескопічні навантажувачі.

Телескопічні навантажувачі широко застосовується в сільському господарстві для: заготівлі, складування зерна та кормів, для транспортування різноманітних сільськогосподарських вантажів; облаштування силосних сховищ і ям; навантаження на сівалки добрив і посівних культур; проведення земляних робіт. Зростання попиту на ці машини пояснюється високою маневреністю, здатністю транспортувати тверді та сипучі вантажі, штабелювати тюки сіна і палети, буксувати причіпні устаткування, а також порівняно високою швидкістю переміщення.

Деякі моделі телескопічних навантажувачів були спеціально розроблені для сільськогосподарського ринку і автоматизації виробничих процесів.

На ринку України представлені моделі компанії JCB (Великобританія). З 2017 року в АПК України з'явилися навантажувачі **560-80 Agri Plus**, оснащений зерновим ковшем з максимальним об'ємом 5,7 м<sup>3</sup>. Його максимальна вантажопідйомність 6 т, висота підйому — 7,9 м. При повній висоті підйому вантажопідйомність складає 3 т. Потужність двигуна — 145 к.с.. Радіус розвороту навантажувача становить 4,1 м. (рис. 1).



Рис. 1- Навантажувач 560-80 Agri Plus

Техніка німецької компанії Claas давно зарекомендувала себе в Україні. Це трактори, комбайни. Не менш цікавими для аграріїв стали телескопічні навантажувачі, лінійка яких постійно удосконалюється. Уваги заслуговують телескопічні навантажувачі SCORPION, які відповідають всім вимогам



сучасного сільського господарства і переконують своєю продуктивністю, надійністю та комфортом (рис. 2). Моделі SCORPION 90-ї та 70-ї серії пропонують висоту підйому 9,00 і 7,00 м при абсолютній стійкості.



Рис.2- Телескопічний навантажувач Claas Scorpion 9055

Телескопічні навантажувачі Італійської компанії Merlo створені спеціально для аграріїв. В Україні поширеним представником серії потужних машин Turbofarmer є модель Р 41.7 (рис. 3). Цей навантажувач є одним з найпотужніших, його двигун має 140 к.с. Навантажувач піднімає максимальну вагу 4,1 т на максимальну висоту 7 м. Максимальна швидкість, яку може розвивати Р 41.7 — 40 км/год. Радіус повороту навантажувача становить 4,8 м.



Рис. 3- Телескопічний навантажувач Merlo Р 41.7

На ринку України представлено широкий асортимент телескопічних навантажувачів від багатьох виробників, які розрізняються технічними характеристиками, які визначають можливість їх використання.

У зв'язку з цим сформуємо перелік основних характеристик, які потрібно враховувати під час вибору даної сільськогосподарської техніки.

Основними показниками, на наш погляд, є продуктивність і час, за який може виконуватись потрібний обсяг робіт.

Другий показник – це вантажопідйомність. Цей параметр визначає максимальну смність навісного обладнання, наприклад ковша, чий розмір, в свою чергу, впливає на висоту вивантаження.

Важливим є також наявність швидкоз'ємного пристрою для навісного обладнання. Саме дана характеристика впливає на формування експлуатаційних витрат (дозволяє їх зменшити), а також на продуктивність.

Безумовно, існують і інші особливості навантажувачів, які також допоможуть не тільки забезпечити підвищену продуктивність, але і зменшити експлуатаційні витрати.

Зростання попиту на даний вид техніки вимагає обґрунтування та представлення практичних рекомендацій щодо їхнього вибору виходячи з умов найбільш раціонального використання в господарствах та розробки алгоритму вибору.

Це передбачає детальний аналіз техніко – експлуатаційних характеристик навантажувачів, їхню систематизацію та встановлення їхніх взаємних впливів.

Перелік використаних джерел:

1. Линд, А.В. Технологические и технические предпосылки оптимизации параметров машинно-тракторных агрегатов. Вестник КрасГАУ., Красноярск, 2017. № 3. С. 75-78.
2. Механизация погрузочно-разгрузочных работ в овощехранилищах [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.comodity.ru/potato/storing/6.html>.

УДК 621.928

В.О. Ольховський, аспірант, І.М. Дударев, д.т.н.  
Луцький національний технічний університет

## **ЗЕРНОВИЙ СЕПАРАТОР НОЖИЧНОГО ТИПУ**

Виробництво зернових в Україні має тенденцію до зростання, що обумовлено значним попитом на збіжжя як в межах країни, так і за кордоном. Зібране зерно перед закладанням на зберігання та перед переробленням обов'язково піддається процесу очищення від домішок і поділу на фракції на сепараторах. Серед конструкцій сепараторів [1–5], що відрізняються за принципом роботи та конструктивним виконанням, найбільш поширеними

залишаються решітні сепараторі, які мають просту конструкцію та забезпечують ефективне очищення і розділення зерна на фракції. Принцип роботи зернових сепараторів із плоскими решетами заснований на розділенні зернової маси на складові (фракції зерна, зернова та незернова домішки) із урахуванням їх розміру та форми. Поряд із низкою переваг, решітні сепаратори мають і недоліки, зокрема значні габаритні розміри.

До сепараторів із плоскими решетами також відноситься зерновий сепаратор ножичного типу (рис. 1) [6, 7], який має компактну конструкцію, що вирізняє його серед інших сепараторів цього типу.

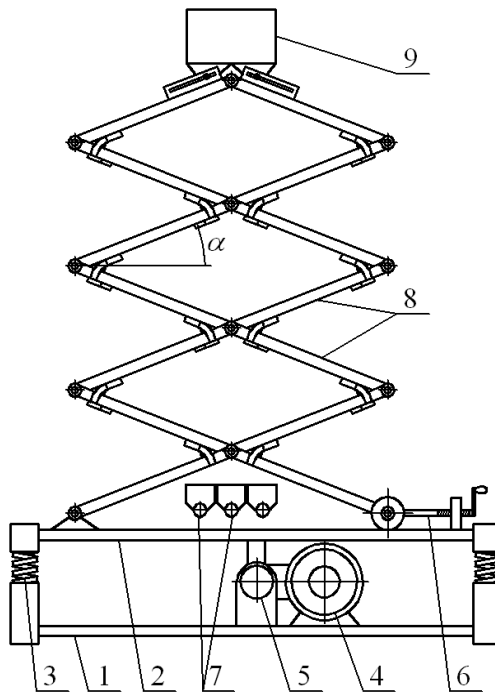


Рис. 1 – Зерновий сепаратор ножичного типу: 1 – нерухома рама; 2 – рухома рама; 3 – пружні опори; 4 – привод; 5 – ексцентрик; 6 – передача “гвинт-гайка”; 7 – вивантажувальні механізми фракцій зерна (домішок); 8 – секції-важелі; 9 – бункер

Зерновий сепаратор ножичного типу містить нерухому раму, на якій розташовано привод з ексцентриком, що забезпечує можливість коливного руху рухоми рами із сепарувальними секціями-важелями. Рухома рама розташована на пружних опорах. Сепарувальні секції-важелі з’єднані між

собою навхрест (по типу “ножиці”). Над парою верхніх секцій-важелів розташовано бункер із двома вивантажувальними отворами. Секції-важелі містять пересипні полиці, кожна з яких обладнана кришкою, плоским решетом та піддоном. Крім того, між плоским решетом і піддоном встановлені поздовжні та поперечні перегородки, які утворюють секції прямокутної форми, в кожній з яких розміщені декілька гумових кульок. Пересипні полиці з'єднані між собою за допомогою рукавів, через які з решета на решето та із піддона на піддон переміщуються відокремлені складові зернової маси. У конструкції сепаратора передбачена можливість зміни кута  $\alpha$  встановлення решіт, що відбувається за допомогою передачі “гвинт-гайка”. На рухомій рамі також передбачено вивантажувальні механізми фракцій зерна та домішок.

Перелік використаних джерел:

1. Giyevskiy, A.M., Orobinsky, V.I., Tarasenko, A.P., Chernyshov, A.V., Kurilov, D.O. (2018). Substantiation of basic scheme of grain cleaning machine for preparation of agricultural crops seeds. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 327, 042035.
2. Bracacescu, C., Gageanu, I., Popescu, S., Selvi, K.C. (2016). Researches concerning impurities separation process from mass of cereal seeds using vibrating sieves in air flow currents. *Engineering for Rural Development*. Jelgava, 364–370.
3. Badretdinov, I., Mudarisov, S., Lukmanov, R., Ibragimov, R., Permyakov, V., Tuktarov, M. (2020). Mathematical modeling and study of the grain cleaning machine sieve frame operation. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 60(1), 19–28.
4. Богомолов, О.В. (2006). Наукове обґрунтування енергозберігаючих процесів та обладнання для сепарації харчової сипкої сировини: автореф. дис. ...д-ра техн. наук: 05.18.12 / Богомолов Олексій Васильович; Харківський державний університет харчування та торгівлі, Харків, 34 с.
5. Єрмак, В.П., Богданов, Є.В., Ільченко, А.А. (2012). Класифікація засобів сепарації та конструкцій машин для відбору насіння з високими посівними властивостями. *Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету*, 35, 127–132.
6. Dudarev, I., Zabrodotska, L., Satsiuk, V., Taraymovich, I., Olkhovskiy, V. (2020). Research on seed separation process on a gravity-cascade separator. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 62(3), 173–180. <https://doi.org/10.35633/inmateh-62-18>
7. Патент №146814 Україна, МПК А23N15/00, В07В1/00, В07В13/11. Сепаратор ножичного типу / Дударев І.М., Ольховський В.О.; Заявлено 23.11.2020; Опубл. 17.03.2021; Бюл. № 11.

В. К. Палічук М. В. Колотило, Д. Ю. Матвійчук, Є.А. Пасічник,  
С. С. Лясоцький, М. В. Марченко  
Поліський національний університет

## **ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АВТОНОМНИХ ОБ'ЄКТІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

Сільськогосподарське виробництво має певні особливості постачання та споживання електроенергії.

В Україні ці особливості зумовлені дією таких факторів:

- специфічні умови навколишнього середовища;
- низька щільність електричних навантажень та розосередженість споживачів електричної енергії;
- малі питомі електричні навантаження із сезонним характером; - зв'язок техніки з біологічними об'єктами;
- своєрідність історичного процесу розвитку систем електропостачання сільського господарства.

У період до 1953 р сільське господарство отримувало більшу частину електроенергії від автономних місцевих електростанцій. За цих умов в сільському господарстві широко використовувалися електростанції з паливними двигунами, малі гідроелектростанції, вітроенергетичні установки.

На вересневому (1953 р.) Пленумі Центрального комітету комуністичної партії Радянського Союзу, до якого входила УРСР, була оголошена нова політика по відношенню до села. Рішенням цього Пленуму заборонялося обмежувати приєднання сільських споживачів до державних електромереж [1].

Приєднання сільськогосподарських споживачів до центральної енергосистеми стало потужним стимулом для розвитку систем електропостачання сільського господарства країни. У всі наступні роки за значного зростання та споживання електроенергії сільським господарством неухильно зростала частка електроенергії, отриманої ним від зовнішніх енергосистем. Так якщо в 1953 році частка централізованого електропостачання сільськогосподарських споживачів становила 33%, в 1965 р – 69%, то в 1983 р більш ніж 99% [2]. Таким чином у 80-х роках автономні джерела 20 електроенергії становили невелику частку в електропостачанні сільськогосподарських споживачів.

В цей час у світі швидко розвиваються комп'ютерні системи зв'язку і оброблення інформації, автоматичні системи управління технологічними процесами і виробничими комплексами, які знайшли застосування і в сільському господарстві. Такі споживачі відносяться до першої категорії і вимагають більш надійного електропостачання

В агропромисловому комплексі водночас із підвищенням рівня індустріалізації виробництва сільськогосподарської продукції, збитки від перерв електропостачання і зниження якості параметрів електроенергії стрімко зростають. Аварії систем електропостачання, зміни якості електроенергії та пов'язані з ними порушення технології утримання тварин впливають на продуктивність сільськогосподарських підприємств. Таким чином, динаміка економічного розвитку галузі вимагає в даний час пошуку і розробки нових методів, поліпшення показників якості електропостачання сільськогосподарського виробництва. Одним з напрямків, що сприяють зростанню ефективності сільськогосподарського виробництва, є розроблення і впровадження систем безперервного електроживлення, основу яких становлять системи автономного електропостачання (САЕП), виконані з використанням як традиційних технологій, так і сучасних технологій відновлюваної енергетики (ТВЕ).

Крім того, в даний час існує велика кількість дрібних господарств, які приєднані до систем централізованого електропостачання, однак, стикаються з цілою низкою проблем пов'язаних з недотриманням постачальниками норм якості електроенергії [3]:

- відхилення та коливання напруги;
- провали напруги;
- несиметрія та несинусоїдність напруги;
- тимчасова перенапруга;
- відхилення частоти;
- аварійний стан електричних мереж;
- часті й довготривалі перерви в електропостачанні.

Ці та багато інших проблем змушують керівників господарств розглядати варіанти переходу на автономне електропостачання.

Таким чином, задача організації автономного електропостачання малих сільськогосподарських підприємств, які є значною мірою віддаленими від систем централізованого електропостачання, або таких, що мають серйозні проблеми з живленням від централізованої мережі, є актуальною. В даний час розроблено чимало варіантів практичної реалізації проектів подібних систем електропостачання.

Найбільш поширені варіанти САЕП сільськогосподарських споживачів можна класифікувати наступним чином (рис. 1).

Можливим також є комбіноване використання варіантів електропостачання, на основі представлених на рис. 1. Зазвичай, в таких гібридних системах одне з джерел електроенергії є основним, а друге - резервним або дублюючим. Найбільш поширені такі типи комбінованих систем: вітроелектроустановки (ВЕУ) та сонячні фотоелектричні установки (СФЕУ), оснащені дизельними генераторами а також ВЕУ та СФЕУ з акумуляторним резервом.

Останнім часом поширення набули компонувальні рішення САЕП з дублюючим джерелом з використанням акумуляторних електростанцій, що

переважно зумовлюється екологічними перевагами подібних систем в порівнянні з вуглеводневим паливом.

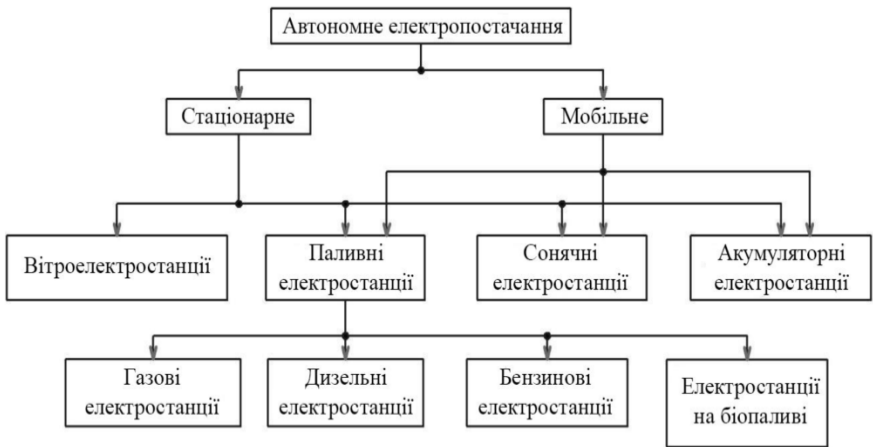


Рис. 1. Класифікація систем автономного електропостачання сільськогосподарських споживачів

Необхідність дублювання основного джерела енергії викликано тим, що численні сільськогосподарські об'єкти вимагають високого рівня надійності електропостачання, оскільки перерви постачання електроенергії таким об'єктам супроводжуються значними матеріальними збитками.

Разом з тим, ВЕУ та СФЕУ характеризуються волатильним характером процесу генерування електроенергії, зумовленим стохастичною природою первинної енергії сонця й вітру, відтак для підтримки необхідного рівня надійності електропостачання цими установками на основі ТВЕ їх бажано «резервувати». У разі ВЕУ це пов'язано з тим, що параметри вітру є найбільш мінливими метеорологічними факторами: швидкість і напрямок вітру динамічно змінюються в часі, а сонячні електростанції можуть виробляти електроенергію тільки в світлий час доби.

Перелік використаних джерел:

1. Деревянко А. П. Историческая энциклопедия Сибири: В 3-х томах. Том 3. С-Я. Новосибирск: Историческое наследие Сибири, 2009. 784 с.
2. Власенко Е. А., Сулейманов Р. А., Хамула А. А. Автономная электроэнергетика сельского хозяйства: состояние и перспективы. Ползуновский вестник. 2011. №2/1. С. 9–13.
3. Маліновський А. А., Хохулін Б. К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007. 380 с.

В.В. Паніна, к.т.н., Г.І. Дашивець, к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ КУЛЬТИВАТОРА**

Культиватор – сільськогосподарське знаряддя, робота якого пов'язана зі суцільною передпосівною обробкою ґрунту, а також обробкою самих посівів. На відміну від плуга культиватор виконує розпушування без обороту пласта, завдяки чому затримується волога, прискорюється прогрівання землі, створюється оптимальний режим для мікробіологічних процесів і забезпечується доступ до насіння різних поживних речовин і корисних мікроелементів.

Культиватори експлуатуються в непростих польових умовах, багато вузлів працюють на піку можливостей, при цьому в них постійно потрапляє пил, бруд і вода. Рослинні залишки, окремі нерівності поля створюють динамічне навантаження на окремі сполуки. Все це сприяє посиленню зносу обладнання. Мінімізувати негативний вплив на елементи агрегатів можливо за рахунок грамотного догляду та систематичного технічного обслуговування, яке представляє собою профілактичну міру, яка знижує ризик виникнення несправностей і поломок.

Для забезпечення ефективної роботи культиватора протягом всього терміну експлуатації варто проводити такі види технічного обслуговування:

- при експлуатаційній обкатці в момент притирання деталей;
- при транспортуванні;
- при використанні;
- щозмінне технічне обслуговування;
- перше технічне обслуговування;
- при зберіганні: міжзмінному, короткочасному і тривалому.

Технічне обслуговування при зберіганні слід проводити при підготовці машин до зберігання, в процесі зберігання і після закінчення. Після закінчення сезону потрібно провести огляд культиватора і дати без розбирання оцінку його стану, визначити можливість подальшої експлуатації без ремонту.

Підвищення ресурсу деталей робочих органів ґрунтообробних машин є однією з найважливіших проблем сучасного сільськогосподарського машинобудування. Завдання полягає в тому, щоб відремонтовані види техніки по продуктивності і надійності перевершували не менше ніж в 1,5..2 рази нову аналогічну продукцію. Це велика науково-технічна проблема. Необхідний пошук і рішучий перехід на шлях інтенсивного розвитку економіки в даній



області господарювання. У зв'язку з цим першорядне значення займають питання практичного використання досягнень науково-технічного прогресу [1].

Основними дефектами культиваторів є: знос і затуплення робочих органів (стрілчастих, розпушувальників і орудий); знос втулок, осей коліс, сальників, різьб на деталях; перекіс і скручування деталей рами; перекіс гряділь; знос механізмів підйому робочих органів та управління колесами, деталей з'єднувального шарніра і ін.

В сільськогосподарському ремонтному виробництві існує велика кількість способів і засобів відновлення зношених деталей. Одні і ті ж дефекти можуть усуватися декількома методами. На вибір способу впливають: матеріал деталі, її знос, характер навантаження, вартість відновлення і т.і. Для усунення кожного дефекту повинен бути обраний раціональний спосіб, тобто технічно обгрунтований і економічно доцільний [2].

Технологічний процес відновлення деталі повинен забезпечувати оптимальну послідовність операцій, як з технологічної точки зору, так і з економічних позицій, тобто необхідно мінімізувати втрати часу, зменшити матеріальні витрати. При розробці технологічного процесу слід керуватися наступними правилами:

- 1) першими виконуються операції по відновленню або виготовленню технологічних баз;
- 2) послідовність механічної обробки залежить від системи постановки розмірів на кресленнику. Перш за все, обробляють поверхню, щодо якої на кресленнику скоординовані інші поверхні деталі;
- 3) свердління дрібних отворів чистової обробки;
- 4) чистову і чорнову обробку зі значними припущеннями треба виділяти в окремі операції;
- 5) кожна наступна операція повинна покращувати якість поверхні.

Сітьове планування передбачає визначення змісту робіт по робочих місцях, їх тривалість і взаємозв'язок, а також встановлює тривалість циклу відновлення культиватора [3, 4].

Використання сітьового моделювання дає можливість сконцентрувати дії виконавця на найбільш важливих моментах технологічного процесу.

Технологічний процес ремонту культиватора:

1. Приймання культиватора – 0,25 год. (0-1)
2. Зовнішнє очищення та миття – 1,1 год. (1-2)
3. Розбирання на вузли та деталі – 2,1 год. (2-3)
4. Розбирання вузлів та деталей – 1,47 год. (3-4)
5. Миття деталей – 0,53 год. (4-5)
6. Дефектація деталей – 0,85 год. (5-6)
7. Ремонт лап – 6,4 год. (6-7)
8. Ремонт стійок лап – 2,6 год. (7-8)

9. Ремонт штанг – 2,6 год. (6-9)
10. Ремонт гряділь – 4,0 год. (6-10)
11. Ремонт штоку гідроциліндра – 1,5 год. (6-11)
12. Ремонт циліндру – 1,2 год. (11-12)
13. Ремонт дисків опорних коліс – 0,6 год. (6-13)
14. Ремонт осей опорних коліс – 1,4 год. (13-14)
15. Відновлення втулок опорних коліс – 1,1 год. (14-15)
16. Ремонт рами – 2,3 год. (6-16)
17. Складання вузлів з деталей – 1,8 год. (8, 9, 10, 12, 15, 16-17)
18. Складання культиватора з вузлів і деталей – 2,3 год. (17-18)
19. Мащення та регулювання – 1,3 год. (18-19)
20. Фарбування та видача з ремонту – 2,6 год. (19-20)

Без застосування оптимізації технологічного процесу повний час знаходження культиватора в ремонті складає 38,0 год.

Як ми бачимо з технологічного процесу є можливість виконання ряду операцій паралельно, що дає змогу скоротити час:

L: 0→1→2→3→4→5→6→7→8→17→18→19→20

$t(L) = 0,25+1,1+2,1+1,47+0,53+0,85+6,4+2,6+1,8+2,3+1,3+2,6 = 23,3$  год.

При застосуванні такої оптимізації технологічного процесу можливо скоротити час на 14,7 год.

Перелік використаних джерел:

1. Смелов А.О. Конструктивно-технологічне підвищення надійності ходової частини культиватора КПС-4. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, ТДАТУ, 2014. вип. 4, Т.1. С. 121-130. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-1.pdf>
2. Паніна В.В., Сапальов А.В. Відновлення робочих органів сільськогосподарських машин. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Матер. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С.539-543. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/sapalov-2020.pdf>
3. Паніна В.В. Оптимизация сетевой модели производственного процесса ремонта культиватора КПС-4. Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: матер. Междунар научно-практ. конф. Минск, БГАТУ, 2019. (ч. 2). С. 88-90.
4. Паніна В.В., Самборський В.Р. Оптимізація сітьової моделі виробничих процесів ремонту універсального кормораздавача КТУ-10А. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Матер. I Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С.402-404. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/panina1.pdf>

## **МЕТОД ОБҐРУНТУВАННЯ МАШИНО ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ З МАЛОГАБАРИТНОЇ ТЕХНІКИ**

В процесі експлуатації сформованих агрегатів на базі малогабаритних тракторів, користувачі часто стикаються з проблемою зниження ефективності роботи через недостатні тягово-зчіпні властивості тракторів. Як правило ця проблема виникає за умови компонування агрегату з машин, виготовлених різними виробниками.

Рациональний підбір малогабаритного тракторного агрегату повинен ґрунтуватися на техніко-економічних показниках його складових. На даний час у супровідній документації зазначається інформація переважно рекламного характеру, не вказуючи тягових характеристик. Також обмежений доступ до інформації з експериментальних випробувань малогабаритної с.-г. техніки.

Керівник експертної науково-технічної групи «Нові технології» Володимир Данченко подав інформацію про виробничі випробування малогабаритних агрегатів, сформованих на базі китайських (СІНТАЙ 180) та італійських (Gulliver 418 HST) міні-тракторів, але тягових характеристик для найбільш характерних фонів у публікаціях висвітлено не було. На основі цих досліджень запропоновано вибирати рациональний варіант МТА за критерієм мінімуму затрат.

Вважається, що більш доцільним з точки зору точності та наближеності до реальних результатів є використання теоретичних тягових характеристик [1]. Методику їх розрахунку та побудови наведено у [2]. Зокрема, запропонована методика та програмне забезпечення працівниками ЛНАУ, дозволяє мінімізувати затрати часу, визначити показники мінітрактора на різних агрофонах і порівнювати його ефективність у різних варіантах альтернативного агрегування.

Формування МТА на базі міні-тракторів повинно проводитись на основі розрахунку теоретичних тягових характеристик. Їх аналіз повинен виявити потенційні можливості малогабаритних тракторів за різних показників та агрофонів. На основі отриманих характеристик можна підібрати найбільш ефективний машинно-тракторний агрегат.

Наприклад у інтенсивному садівництві із схемою посадки дерев 4×4 м., міжрядний обробіток виконується агрегатами, що формуються з малогабаритної техніки. Найчастіше міжряддя саду засівають сидератними рослинами. Періодичне скошування чи дискування яких забезпечує підживлення ґрунту та його захист від ерозії. У молодих садах застосовують оранку та фрезерування. Виконання цих операцій може здійснюватись косаркою 9GB-1 (Xingtai), дисковою бороною з шириною захвату 1,1-1,5 м чи

фрезою 1GN-125, або іншими с.-г. машинами, які агрегатуються з мінітракторами.

Враховуючи умови застосування малогабаритних агрегатів на розрахунок теоретичних тягових характеристик накладаються певні спрощення та обмеження. Зокрема. За агрофон вибрано показники, що відповідають лугу.

Теоретична тягова характеристика є функціональною залежністю коефіцієнту буксування  $\delta$  рушіїв, питомої гакової витрати палива  $g_{зк}$ , потужності на гаку  $N_{зк}$ , тягового ККД  $\eta_m$  і робочої швидкості руху  $V_p$  від сили тяги на гаку  $P_{зк}$  для всіх передач  $z$  трактора та  $i$ -х режимів роботи двигуна.

Під час виконання с.-г. операцій робота двигуна повинна здійснюватись тільки на регуляторній вітці, оскільки запас крутного моменту у двигунах мінітракторів незначний. Тобто вони дуже чутливі до короткочасного зростання опору с.-г. машини.

Залежності коефіцієнта буксування коліс. Потужності на гаку з урахуванням приводу через ВВП та інших показників мають прямолінійний характер. Аналітичні залежності для визначення показників теоретичної тягової характеристики трактора на проміжних режимах розраховуються для будь-якого значення опору робочої машини  $R_m$ . Для заданого агрофону розраховані значення тягових опорів косарки 9GB-1 та фрези 1GN-125 агрегатованих з трактором XINGTAI-180.

Порівняння результатів, отриманих аналітичним методом із аналогічними показниками, які встановлені графічним способом, показують, що перші характеризуються більшою точністю. Також, перевірено збіжність показників роботи розглянутих МТА із нормативами. У даному разі, відхилення знаходяться у межах 2...3 %, що не перевищує допустиму похибку розрахунків.

Запропонована методика та програмне забезпечення розрахунку теоретичної тягової характеристики трактора дозволяє мінімізувати затрати часу, визначати показники роботи трактора на різних агрофонах і порівнювати його ефективність у різних варіантах альтернативного агрегаткування і, як наслідок, формувати раціональні МТА. Розгляд і порівняння тягових характеристик різних тракторів та показників ефективності виконання ними аналогічних (однотипних) операцій дозволяють обирати серед них найкращі за критеріями мінімуму затрат чи максимуму продуктивності на виконанні конкретних операцій.

Перелік використаних джерел:

1. Самородов В., Тимофеев В і др. Сравнительная оценка эффективности некоторых тракторов производства Харьковского и Минского тракторных заводов. Техніка АПК. 2004. № 6-7. С. 15-17.
2. Р. Паславський, О. Миронюк Дослідження тягових характеристик малогабаритних тракторів. Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. 2008. №12. Том. 1. С. 558–563.

О.І. Подашевська<sup>1</sup>, ст. викл., Н.Г. Серебрякова<sup>1</sup>, к.пед.н.,  
Н.І. Болтянська<sup>2</sup>, к.т.н.,

<sup>1</sup>Білоруський державний аграрний технічний університет

<sup>2</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **ВИРШЕННЯ ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РАЦІОНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН**

Проблема забезпечення повноцінного використання кормів для згодовування сільськогосподарським тваринам задля збільшення рівня і якості продукції, що одержується від них, є однією з найважливіших проблем підприємств галузі тваринництва. Тому визначення норм годівлі сільськогосподарських тварин і перегляд методів оцінки поживності кормів є нагальним питанням. Необхідність удосконалення параметрів норм годівлі і оцінки поживності кормів пояснюється, перш за все, розвитком фізіологічних і біохімічних основ біології годування і отриманням нових даних наукових досліджень, що дозволяє по-новому розглядати відомі факти, визначати й уточнювати потреби тварин в поживних речовинах і шляхи задоволення цих потреб. Не останню роль в цьому відіграє значне зростання продуктивності тварин та удосконалення техніки годівлі і технологій заготівлі кормів [1,2].

Науковою основою підвищення використання поживних речовин кормів є фізіологія харчування сільськогосподарських тварин, яка спирається на знання закономірностей і взаємозв'язків процесів травлення і обміну речовин. Початковим етапом обміну речовин у тварин є травлення. Воно являє собою складний фізіологічний і біохімічний процес, завдяки якому корм, що надійшов в травний тракт, піддається фізичним і хімічним змінам, а поживні речовини, що містяться в ньому, всмоктуються в кров і лімфу [1,3]

Одним з важливих шляхів підвищення ефективності використання поживних речовин кормів є підвищення його перетравлення, що може бути досягнуто тільки на основі знань фізіологічних і біохімічних процесів перетравлення кормів і з урахуванням зв'язку цих процесів з складом раціону і фізіологічним станом тварини. Розвиток нормування поживних речовин в нашій країні йшов, в основному, у напрямку 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 речовинах. Відомо, що тваринам для життєдіяльності і продуктивності потрібні не корми, як такі і не хімічні компоненти їх, а речовини-метаболіти, що утворюються в процесах травлення і проміжного обміну. Відомо також, що жуйні тварини мають принципові відмінності в

фізіології і обміну речовин, які модифікують кількісні та якісні характеристики майже всіх компонентів корму [3,4].

Оптимізація раціону годівлі сільськогосподарських тварин є важливим фактором підвищення виробництва продукції та забезпечення її належної якості. З точки зору ефективності виробничої діяльності оптимальний раціон повинен бути мінімізований не тільки за вартістю кормів, а й для кожного виду і біологічних потреб сільськогосподарських тварин з урахуванням їх планованої продуктивності [4,5]. Одночасно повинні бути забезпечені потреби тварин не тільки в кількості корму, а й в основних інгредієнтах: поживних речовинах, вітамінах, амінокислотах і мікроелементах. Знаходження компромісу між якістю годівлі і витратами на корми в реальній задачі з багатьма змінними можливе лише з використанням методології економіко-математичного моделювання і його комп'ютерної реалізації.

Існують готові професійні програми оптимізації раціону. Однак досвід використання готової програми показує недоліки такого шляху. Принцип роботи програми наступний: задаються всі корми, скільки хочемо отримати молока і якої жирності та отримуємо результат, як годувати. Але готова програма, закуплена на комерційній основі, закрита від коригування і не допускає нікого втручання і додавання додаткових обмежень. Однак безконтрольне додавання концентратів за принципом «більше - означає краще» не спрацьовує щодо молочного стада, оскільки перегодовування може привести корову до хвороби. виходить, що використання готових програм по формуванню раціону годівлі при неможливості внесення необхідних вимог і доповнень дискредитує саму ідею оптимізації. Створення власної програми дозволить забезпечити вимоги, що висувуються в конкретному господарстві, до годівлі сільськогосподарських тварин. Але для складання подібної програми фахівець господарства повинен отримати в процесі навчання (або при підвищенні кваліфікації) знання, вміння і навички, що забезпечують якісне виконання подібної роботи або, як мінімум, здатність проаналізувати якість будь-якої готової програми.

Пропонуються поетапні дії для вирішення поставленого завдання.

1. Працівникам необхідні знання з теорії лінійного програмування: основних принципів побудови завдань, формування обмежень і цільової функції в задачі оптимізації.

2. Реалізація оптимізаційних задач проводиться в середовищі Microsoft Excel.

3. Для вирішення завдання оптимального раціону сільськогосподарських тварин, використовуючи класичну структурну модель, складаємо матрицю з максимально можливим в уже згаданому господарстві кількістю змінних (кормів), обмеженнями по мінімальним і максимальним нормам згодовування і необхідній кількості поживних речовин. Одночасно буде досягатися мета поглиблення знань з основ тваринництва.

4. Готується таблиця змісту аналізованих поживних речовин в кожному виді корму і таблиця цін кормів. З цих таблиць дані будуть передаватися в матрицю по посиланнях. Така структура спрощує модернізацію матриці: як внесення можливих змін (в цьому випадку при зміні, наприклад, поживних речовин в сортовому складі зеленого корму зручно провести перерахунок у матриці), так і розрахунок раціону для інших біологічних потреб тварин.

5. За сформованою матрицею заповнюються необхідні обмеження в «Пошуку рішень» Excel (ця дія буде виконуватися тільки один раз) і виконується розрахунок у вкладці «Пошук рішення».

6. Проводиться аналіз отриманих результатів.

Розробка власної ЕММ розрахунку раціону годівлі дає наступні можливості: 1. Забезпечення індивідуалізованого оптимального раціону для кожного виду і біологічних потреб тварин конкретного господарства, можливість внесення змін і доповнень у формований раціон. 2. Уміння ставити завдання економіко-математичного моделювання, проводити збір необхідної інформації і розраховувати поставлене завдання в середовищі Excel. 3. Завдяки розумінню принципів роботи оптимізаційних задач забезпечується здатність аналізувати готові програми і визначати рівень їх якості.

Перелік використаних джерел:

1. Болтянська Н.І., Заболотько О.О. Необхідність вдосконалення параметрів годівлі великої рогатої худоби. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 254-257. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/zabolotko-2020.pdf>
2. Manita I. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. Інженерія природокористування. Харків: ХНУСГ, 2020. №2(16). С. 33-37.
3. Podashevskaya N. Areas of application of nanotechnologies in animal husbandry. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 357-361. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/podashevskaya-2020.pdf>
4. Serebryakova N. Selection of optimal modes of heat treatment of grain. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 20-24. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/conf/>
5. Маніта І.Ю. Питання цифровізації сільського господарства в Україні. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 346-350. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/manita-2020.pdf>

В.М. Савченко, О. В. Степанчук, І. В. Павлов, О. В. Сутковий  
 Поліський національний університет

## АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ

Абразивне зношування це головна проблема всіх галузей народного господарства. Найбільше абразивному зношуванню піддаються деталі машин в гірничій галузі, будівництві та сільському господарстві. Під абразивним зношуванням розуміють проникнення твердих частинок або поверхневих нерівностей одного твердого тіла в поверхню більш м'якого твердого тіла. Результатом абразивного зношування є зняття стружки або подряпини більш м'якого матеріалу.

Абразивне зношування поділяється на дві основні групи: зношування двох тіл (two body abrasive wear) та зношування трьох тіл (three body abrasive wear) (рис. 1). При абразивному зношуванні двох тіл шорстка поверхня, жорстко закріпленні і абразивні частинки або інструмент взаємодіє з поверхнею видаляючи матеріал. При абразивному зношуванні трьох тіл абразивні частинки затримуються між двома поверхнями, які разом з абразивними частинками утворюють три тіла. Величина зносу при абразивному зношуванні трьох тіл, як правило, значно менша в порівнянні зі зношуванні двох тіл.

Фундаментальні дослідження по вивченню механізму та характеру зношування двох тіл (two body abrasive wear) представлені в роботі Хрущова М. М. та Бабічева М. А. встановлено, що в процесі зношування поверхні металів знос виникає в результаті двох процесів: зняття мікростружки та утворення канавок без видалення металу [1].

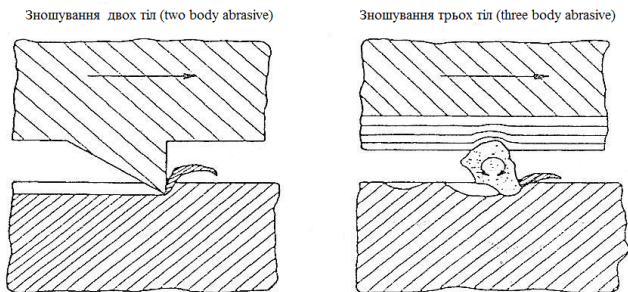


Рис. 1. Види абразивного зношування відповідно до міжнародної класифікації

Деякі абразивні частинки контактують еластично з поверхнею металу, тоді як інші деформують поверхню і можуть видаляти матеріал. Встановлено,



що нахил ріжучої поверхні, твердість матеріалу, форма ріжучої кромки та її орієнтація мають вирішальне значення для створення умов для зняття стружки. Критичний кут залежить від матеріалу і визначається коефіцієнтом тертя між контактуючими поверхнями, який у свою чергу залежить від форми частинок.

Знос матеріалу в режимі двох тіл – це складне явище, при якому одночасно протікають декілька процесів зношування. Основні механізми, що призводять до видалення матеріалу зазвичай ідентифікуються як «мікрооранка», мікрорізання та мікротріщини (рис. 2).

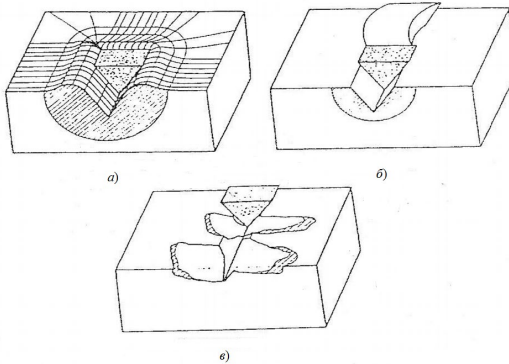


Рис. 2. Механізми абразивного зношування в режимі двох тіл: а) – «мікрооранка», б) – мікрорізання, в) – мікротріщини

Під час «мікрооранки» матеріал пластично деформується і зміщується в сторони, утворюючи виступи вздовж канавок. Видалення матеріалу відбувається через низьку циклічну втому, при цьому багато абразивних частинок діють одночасно. Мікрооранка доволі часто може супроводжувати ріжучу дію або може бути попередником виникнення мікротріщини.

Під час протікання мікрорізання матеріал видаляється у вигляді мікростружки з поверхні матеріалу [2-7].

Під час абразивного зношування абразивні частинки прикладають висококонцентровані напруження в точках контакту, що призводить до виникнення і поширення мікротріщин. В результаті такого механізму зношування утворюється велика кількість спрацьованого матеріалу. Інтенсивність зношування в такому випадку набагато вища за два попередні механізми.

Зношування трьох тіл (three body abrasive wear) поділяється на закритий відкритий типи (рис. 3).

При закритому абразивному зношуванні абразивні частинки взаємодіють з двома поверхнями між якими вони знаходяться. В результаті частинки вдавлюються і осідають на більш м'якій поверхні, що в подальшому спричиняє абразивний знос. Цей тип зносу багато в чому нагадує ситуацію

при зношуванні за схемою взаємодії двох тіл (two body abrasive wear). Прикладом закритого зносу є щекова дробарка (рис. 3, б).

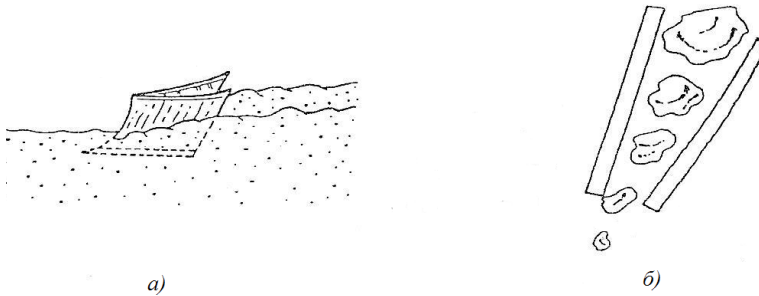


Рис. 3. Найбільш поширені механізми зношування при зношуванні трьох тіл (three body abrasive wear)

Зношування трьох тіл (three body abrasive wear) за відкритою схемою, відбувається коли дві поверхні знаходяться далеко один від одного або якщо лише одна з поверхонь бере активну участь у процесі зношування (рис. 3, а).

В сільському господарстві зношування трьох тіл (three body abrasive wear) за відкритою схемою є доволі поширеним явищем (робочі органи ґрунтообробних машин, екскаваторів, подрібнювачі та ін.).

При виробництві робочих органів і деталей машин, які піддаються абразивному зношуванню найчастіше використовують конструкційні та леговані залізобуглецеві сплави з вмістом вуглецю до 1%. Встановлено, що незначне збільшення вуглецю в діапазоні від 0 до 0,8% значно покращує стійкість до абразивного зношування.

Перелік використаних джерел:

1. Хрущов М. М., Бабичев М. А. Абразивное изнашивание. Москва : Наука, 1970. 252 с.
2. Борак К. В. Підвищення зносостійкості робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь методом електроерозійної обробки : дис. ... канд. тех. наук : 05.02.04 / Житомирський національний агроекологічний університет. Житомир, 2013. 217 с.
3. Аулін В. В., Тихий А. А. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами : монографія. Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2017. 278 с.
4. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин / под. ред. М. М. Севернева. Минск : Беларус. навука, 2011. 333 с.
5. Костецкий Б. И. Износостойкость деталей машин. Киев, Москва : МАШГИЗ, 1950, 168 с.
6. Хрущов М. М., Бабичев М. А. Исследования изнашивания металлов. Москва : Издательство АН СССР, 1960. 272 с.

7. Хрущов М. М. Повышение долговечности рабочих деталей почвообрабатывающих машин. Москва : Машиздат, 1960. 200 с. УДК 621.31

Л. Г. Савченко, О. О. Артемчук, М. В. Горпиняк  
Поліський національний університет

## **ГЕНЕРАТОРНА УСТАНОВКА ЯК ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

Система електропостачання сільськогосподарських машин є складним комплексом різних пристроїв, машин і апаратів, призначених для виробництва електроенергії необхідного виду, кількості і якості, її розподілу і передачі до споживачів системи електропостачання - це сукупність систем генерування та розподілу електроенергії. Структура системи електропостачання залежить від великої кількості факторів, перш за все від комплексу загальних і приватних вимог до самої системи електропостачання та її елементів. Вибір типу електричної машини, використовуваної в якості генератора в системі електропостачання, магнітної системи і конструктивного виконання електричної машини - порівняно складна і багатопараметрична задача. Критеріями оптимальності можуть служити відносна вартість, надійність, енергетичні та вагові показники і т.п.

Довгий час основним джерелом електроенергії комбайнів і тракторів були генератори постійного струму, наприклад Г80 і Г214-А1. В даний час очевидно, що необхідний рівень надійності і довговічності генераторних установок сільськогосподарської техніки не може бути забезпечений при застосуванні для цієї мети електричних машин постійного струму. Органічно властивий їм щітково-колекторний вузол неминуче обмежує зазначені показники, вимагає спеціального обслуговування і часто призводить до відмов у роботі. Крім того, зі збільшенням потужності і кількості споживачів електричної енергії на сільськогосподарських машинах, розміри і маса генераторів постійного струму різко зростають. Отже, вдосконалення конструкції і технології виробництва генераторів постійного струму, з огляду на низьку надійність роботи в експлуатації щітково-колекторного вузла і малий термін його служби, а також великі габарити і вага генератора, практично виявилось нездійсненним. У зв'язку з цим, створення електричних машин, в яких колектор замінюється напівпровідниковим випрямлячем, стало однією з найбільш актуальних завдань електромашинобудування.

Розвиток напівпровідникової техніки дозволив застосовувати в генераторах змінного струму випрямляч на напівпровідникових діодах. При цьому генератор отримав таку якість, яка забезпечила йому широке поширення в сільськогосподарському машинобудуванні.

Найбільш перспективними системами електропостачання сільськогосподарських машин є системи, виконані як органічне поєднання електричної машини і напівпровідникового випрямляча.

Основним елементом, що забезпечує генерування електроенергії в системах електропостачання сільськогосподарських машин, у даний час є генераторна установка змінного струму з вентильним випрямлячем.

В якості автономного джерела змінного струму застосовувався синхронний генератор з контактними кільцями Г285 на тракторах К-700. Тут щітковий контакт працює в кращих умовах порівняно з генератором постійного струму, з огляду на явища комутації. Тому його надійність і довговічність значно вище. Однак важкі умови роботи сільськогосподарської техніки робить взагалі небажаним застосування в них ковзань щіткових контактів. Тут неминучість зносів в такому вузлі є обмежуючим чинником, що ставить межу можливостям збільшення довговічності і міжремонтних робіт, знижує надійність і ускладнює обслуговування, що особливо небажано. Найбільшого поширення в якості джерела електроенергії в системах електропостачання комбайнів і тракторів отримали безконтактні електричні машини. Відсутність ковзних контактів з точки зору надійності є важливою перевагою, здатним в цілому ряді випадків компенсувати деякі властиві цим машинам недоліки.

Зазвичай безконтактні електричні машини, внаслідок ускладнення конструкції, наявності додаткових повітряних зазорів або баластної складової магнітного потоку, програють в показниках використання і вартості в порівнянні з іншими машинами. Однак в деяких випадках при їх застосуванні для спеціальних цілей (до яких можна віднести і сільськогосподарські машини), облік всіх конкретних факторів дозволяє отримати кращі результуючі техніко-економічні показники, тим більше, що виграш в надійності їх безсумнівний.

З усього різноманіття відомих типів електричних машин, з точки зору вимог, що пред'являються до генераторів сільськогосподарських машин, практичний інтерес представляють найбільш прості в конструктивному відношенні машини. Саме простота конструкції є найважливішою передумовою експлуатаційної надійності, а також технологічності, дешевизни, зручності обслуговування і ремонту.

В цьому відношенні доцільно зосередити увагу на електричних машинах, які не мають обертових обмоток. Ця обставина, як з точки зору надійності, так і простоти устрою і управління, має найважливіше значення.

Все різноманіття типів безконтактних електричних машин, згідно з фізичною сутністю процесів, що відбуваються в них можуть бути поділені на два принципово різних класи: пульсації і альтернативні. Всі ці електричні машини можуть виконуватися магнітоелектричним (від постійних магнітів), електромагнітним (від обмоток) і комбінованим способом збудження.

На тракторах і комбайнах старих марок як джерело електричної енергії застосовували генератори змінного струму зі збудженням від постійних

магнітів, наприклад Г30-А2, Г31-А2, Г32-А2, Г46, Г303, ГТ1-А. Магнітоелектричні генератори мають просту конструкцію ротора, мають високу експлуатаційну надійність, в ряді випадків за масогабаритними і енергетичними показниками вони перевершують електричні машини з електромагнітним збудженням. Широке поширення ці генератори отримали як підзбуднювачі в машинах з обертовими випрямлячами і електромагнітними перетворювачами, як промислового стаціонарного використання, так і на транспортних машинах. Головним недоліком магнітоелектричних генераторів є складність регулювання і стабілізації вихідної напруги, невисокий температурний режим роботи, також труднощі в забезпеченні надійного кріплення постійних магнітів в пазах ротора при його значній швидкості обертання. Тому в даний час проблема застосування магнітоелектричних генераторів не знайшла широкого застосування для електропостачання тракторів і комбайнів.

Найбільшою простотою конструкції і технологічністю у виробництві серед безконтактних вентильних генераторів мають індукторні генератори, які не мають обертових обмоток. Вони мають високий ККД, хороші регулювальні характеристики і можливість роботи в складних умовах навколишнього середовища. Генератори індукторного типу виконуються як з електромагнітним, так і з комбінованим збудженням. Особливий інтерес представляють генератори комбінованого збудження, що поєднують в собі якості магнітоелектричної машини і генератора з електромагнітним збудженням. У цьому випадку рішення проблеми регулювання напруги надзвичайно полегшується. В роботах показано, що в якості генераторної установки для електропостачання сільськогосподарських машин може бути обраний індукторний генератор.

Виходячи з викладеного можна сформулювати основні вимоги, які повинен задовольняти перспективний генератор встановлений на сільськогосподарській техніці: 1. Термін служби - не менше 5000-6000 мотогодин при високому рівні надійності (замість 2000-3500 мотогодин у генераторів постійного струму). 2. Невимогливість до технічного догляду та регулювань в експлуатації. 3. Можливість економічного і точного автоматичного регулювання напруги при зміні швидкості обертання і навантаження в широких межах. 4. Низькі початкові обороти віддачі, що виключають розряд акумуляторної батареї на обмотку збудження генератора при мінімальних швидкостях обертання двигуна сільськогосподарської машини. 5. Закрите виконання, що забезпечує надійну роботу при високій забрудненості навколишнього середовища. 6. Можливість роботи в широкому діапазоні температур і кліматичних умов. 7. Повне випрямлення потужності, можливість роботи в комплексі з напівпровідниковим випрямлячем.

Аналіз технічних характеристик генераторів показує, що найбільш загальні вимоги до генераторів, встановлених на тракторах і комбайнах, знаходяться в відомому протиріччі між собою. Різні типи електричних машин

різного ступеня задовольняють кожному з цих умов. Крім того, кожен з типів генераторів має специфічні перевагами і недоліками.

УДК 621.31

Л. Г. Савченко, А. Баланський, Н. Романчук, Б. Ковальов, П. Макаруч  
Поліський національний університет

## МОДЕЛЮВНЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Сучасні комп'ютерні технології, в основі яких лежать прикладні пакети, надають можливість більш глибокого дослідження спеціальних питань електроприводу. Такі пакети дозволяють перевести фізичні процеси в віртуальну реальність, провести в такій віртуальній лабораторії необхідні дослідження з отриманням потрібних результатів. Особливо це важливо при дослідженнях надійності, так як це пов'язано з великими витратами часу, іноді обчислюється роками. При використанні ЕОМ в машинному часі все проходить набагато швидше і можна проводити велику кількість таких дослідів. Сучасні офісні пакети дозволяють вирішувати завдання аналізу і синтезу систем. Основною задачею дослідника стає адекватне використання прикладних програми, грамотному їх використанні і обробці отриманих результатів.

Аналіз літературних джерел по робочим машинам кормоцехів дозволить розкрити структуру електроприводів і мати статистику відмов окремих елементів. В результаті теоретичних досліджень отримані розрахунки формують для показників якості функціонування асинхронного електроприводу. Таким чином, маючи принципову схему електроприводу і статистичні дані про відмови його елементів, можна розрахувати основні показники надійності. Визначення коефіцієнту готовності по отриманим формулам досить трудомістке завдання. У цьому випадку складений алгоритм і сама програма для ЕВМ в середовищі EXCEL. Дана програма, дозволяє на основі наявних вихідних даних отримати коефіцієнти готовності електроприводів основних технологічних процесів кормоприготувального виробництва. Програма забезпечує розрахунок комплексних показників надійності одночасно для різних періодичних технічних обслуговувань і при використанні різних пристроїв захисту електродвигуна, а також розрахунок терміну служби електродвигуна без пристрою захисту і з його наявністю.

Сучасні особливості сільськогосподарського виробництва, пов'язані із затримками державних виплат за здану продукцію, високої вартості техніки, в тому числі електрообладнання, призводять до того, що регламентована періодичність ТО і ТР не виконується. Це призводить до зменшення показників надійності електроприводу. З урахуванням сказаного були розраховані коефіцієнти готовності деяких електроприводів в залежності від

періодичності профілактичних обслуговувань і результати представлені в таблиці 1. В ній же приведені інтегральні значення трудомісткості ТО і ТР електроприводу машин.

Таблиця 1 Коефіцієнт готовності і трудомісткість профілактики електроприводів

Назва машини	Трудомісткість, год		Коефіцієнт готовності при періодичності ТО		
	ТО	ТР	1 місяць	3 місяці	6 місяців
Кормоподрібновач «Волгарь-5»	1,50	6,4	0,98	0,93	0,87
Подрібновач грубих кормів ИГК – 30Б	2,00	14,8	0,98	0,93	0,87
Подрібновач коренеплодів ИКС-5	2,20	9,9	0,94	0,83	0,71
Подрібновач – камнедроблювач ИКМ-5	3,90	17,4	0,95	0,86	0,76
Транспортер ТК-5	1,70	9,6	0,96	0,90	0,81
Транспортер скребковий ТС-40б	0,60	2,9	0,97	0,91	0,83
Подрібновач кормів ДКУ	1,60	10,0	0,97	0,92	0,85
Дробарка ДБ-5	5,44	39,6	0,81	0,59	0,41
Змішувач С-7	4,40	17,5	0,90	0,75	0,61
Змішувач С-12	2,80	11,6	0,97	0,92	0,86
Запарник ЗПК-4	2,40	14,5	0,94	0,84	0,72
Варочний котел ВК-1	2,70	12,0	0,91	0,77	0,62
Варочний котел-змішувач ВКС-3М	1,00	6,0	0,94	0,84	0,73
Комплект АВМ-1,5А	18,50	88,8	0,44	0,18	0,10

Процес моделювання розбитий на два блоки: отримання графічних залежностей функції готовності для запропонованих моделей електроприводу, яких не вдалося отримати в аналітичному вигляді; розробка ймовірної моделі (з використанням методу Монте-Карло) і отримання значень функції готовності на основі статистичних даних, перевірка на відповідність теоретичних результатів, отриманих в першому блоці. По першому блоку поставлені наступні завдання: 1. Перетворити отримані структурні схеми електроприводу в необхідний вид для рјботи в середовищі MatLab і отримати графічний вигляд функцій готовності. 2. Зіставити графічні функції готовності для моделей, по яким отримані рішення в оригінальному вигляді з отриманими, в результаті моделювання з метою перевірки адекватності моделі. 3. Отримати графічний вигляд функцій готовності окремих кормоприготувальних машин. 4. Встановити вплив окремих складових, що входять в розрахункову формулу, на вигляд функції готовності.

Математичні моделі, в описі яких використовуються випадкові величини, відносяться до імовірних. Ймовірно-статистична модель - дослідницький апарат, що дозволяє підтвердити або спростувати припущення, які були прийняті при математичному описі зв'язків між об'єктами або при розрахунку надійності будь-якої складної системи. Відповідно контролювати надійність системи управління технологічних процесом можна методами імовірного моделювання з урахуванням даних про надійність компонентів системи. Такого типу моделі використовують генерування статистичних даних (числова імітація ЕВМ). Тому дане моделювання ще називається імітацією або статистичними і відноситься до моделювання типу "Монте-

Карло". Необхідність застосування імовірнісних моделей диктує також ДСТУ де сказано, що універсальним методом розрахунку об'єктів будь-якої структури і при любых сполученнях розподілів напрацювань між відмовами і часів відновлення і профілактики служить метод статистичного моделювання.

Нами передбачається застосовувати логічну модель, тому моделювання складатиметься в відтворені випадкових процесів зміни станів з урахуванням логічних умов працездатності її елементів. Кожне таке відтворення представляє "розіграш" випадкового явища за допомогою процедури, що дає випадковий результат. Статична модель складається з безлічі реалізацій моделювальних явищ. Велика кількість реалізацій забезпечить отримання достовірних статистичних оцінок моделювального процесу. Крім того, для створення імітаційної моделі необхідно знати мінімальну кількість дослідів і алгоритми імітації псевдовипадкових чисел, що мають типів розподілення. Мінімальна кількість дослідів визначається на основі граничної теореми теорії ймовірностей - при великій кількості реалізацій  $N$  частота подія наближається до його ймовірності, а середнє арифметичне  $\bar{x}$  прагне до математичного очікування  $m_x$ . Завдання зводиться до визначення такої кількості реалізацій  $N$ . Щоб помилка цих значень при заданій достовірності не перевищувала задані межі. Щоб із заданою довірчою ймовірністю стверджувати, що  $\bar{x}$  відхилиться від  $m_x$  на величину, яка не перевищує число дослідів, що має бути не менше:

$$N = \left(\frac{\sigma}{\varepsilon}\right)^2 \left[\Phi^{-1}\left(\frac{1+\beta}{2}\right)\right]^2 \quad (1)$$

де  $\sigma$  - середньоквадратичне відхилення випадкової величини;  $\varepsilon$  - точність експерименту, приймаємо 0,01;  $\Phi^{-1}$  - функція, зворотна функції нормального розподілу, при  $\beta=0,99$   $\Phi^{-1} = 2,58$ .

Програмна імітація випадкових функцій зводиться до генерування реалізації рівномірно розподілених випадкових величин з наступним функціональним перетворенням. Так, експоненціальне розподілення псевдовипадковий величин імітується з вигляду:

$$X = -\frac{1}{\lambda} \ln z \quad (2)$$

де  $z$  - рівномірно розподілені величини, які моделюються за допомогою базового генератора.

Розподіл Вейбулла імітується за формулою:

$$X = -b \frac{1}{\lambda} (\ln z)^{1/c} \quad (3)$$

де  $b, c$  – параметри розподілу.

З урахуванням викладеного визначені задачі моделювання по другому блоку:

1. Визначити величину похибки, з прийнятими допущеними при теоретичних дослідженнях з розрахунку комплексного показника надійності електроприводу.



2. Получити функції готовності на основі статистичних даних і порівняти їх з отриманими в попередньому блоці.  
УДК 631.3

В.В. Сацюк, к.т.н, І.Є. Цизь, к.т.н, С.М. Хомич, к.т.н.  
Луцький національний технічний університет

## **АНАЛІЗ РИНКУ ТЕХНІКИ ДЛЯ АПВ**

Сучасний український ринок агро промислової техніки функціонує відповідно до сукупності інтересів постачальників та покупців, тому пропонує аграрію технічне устаткування, технологічні комплекси, експлуатація яких максимально ефективна і універсальна як в переробній промисловості, так і на етапах вирощення, збору, зберігання сировини. Важливою складовою, без якої не може існувати ринок агро промислової техніки, є надання послуг технічного сервісу. Учасники ринку, а саме підприємства-виробники матеріально-технічних ресурсів, торгово-посередницькі організації, спеціалізовані технічні сервіси формують основні напрями розвитку вітчизняного ринку сільськогосподарської техніки.

В Україні окремі галузі сільськогосподарського машинобудування конкурують із закордонними виробниками за рахунок нижчої вартості продукції. В окремих категоріях техніка вітчизняного виробництва має найбільш прийнятне співвідношення ціна-якість.

У сегменті посівної та ґрунтообробної техніки лідером галузі вітчизняного виробництва є АТ "Ельворті". На сьогодні компанія реалізує широкозахватні універсальні культиватори POLARIS, культиватори для міжрядного обробітку ALTAIR-4,2-04 і ALTAIR-5,6-04, дискові борони серій PALLADA, ANTARES, ERIDAN, посівні комплекси Alcor 7,5, Alcor 10, Сівалки зернотукові ALFA 6, ALFA 4, сівалки зернотукові ASTRA 6 PREMIUM, ASTRA 5,4 PREMIUM, ASTRA 5,4 T PREMIUM, ASTRA 4 PREMIUM, ASTRA 3,6 P PREMIUM, ASTRA 3, ASTRA 5,4 STANDART, ASTRA 3,6 STANDART, ASTRA 3,6 P STANDART, сівалки для посіву просапних культур VEGA 6 PROFI, VEGA 8 PROFI, VEGA 16 PROFI VESTA 6 PROFI, VESTA 8 PROFI а також причіпні обприскувач TETIS.

Серед інших виробників ґрунтообробної техніки на ринку України представлені такі відомі вітчизняні компанії, як «Лозівські машини»,

ПАТ «Уманьферммаш», ТОВ «ВП «Агро-Союз» та інші.

Україна, також, відома виробництвом комбайнів та жаток. Їх виробництвом займаються ТОВ НВП «Херсонський машинобудівний завод» та ПАТ «Бердянські жатки».

Лідером по системах паралельного керування в Україні є ТОВ "НВС Телематические Системы", що виготовляють системи паралельного керування GPS / ГЛОНАСС, систему паралельного водіння з можливістю

управління секціями опрыскувача ASN-Agro SPR та системи паралельного керування АСН-Агро РТК.

Інтенсивна конкуренція між виробниками тракторів і зернозбиральних комбайнів спонукала до створення шести корпорацій, які є транснаціональними, оскільки об'єднують підприємства-виробників техніки із різних країн. Це світові лідери із :США- «John Deere», «CNH» (CASE – NEW HOLLAND), «AGCO» (Challenger, Fendt, GSI, Massey Ferguson, Valtra); німецька «Claas»; італійська «SDF» та «Agro».

Загострення конкуренції на світовому ринку змусило таких учасників ринку як «Case IH», «Fiat Agri», «Deutz-Fahr», «Massey Ferguson» зосередитися на виробництві виключно сільськогосподарської техніки і увійти до складу більш потужних корпорацій. Це сприяло стабілізації економічного становища даних підприємств.

Світовий лідер ринку серед виробників тракторів та комбайнів - акціонерна компанія «John-Deere», що продукує та реалізовує сільськогосподарську техніку однойменної марки в країнах американського континенту і у всьому світі. Запорукою успіху на ринку технічних засобів найрозвинутіших виробників є безперевне вдосконалення продукції, яка ними виробляється.

Сучасні трактори, типорозмірні ряди яких по потужності мають, щонайменше, 5 класів ( 70 к. с. - 500 к. с. )- виробників «John-Deere», «Case», «New Holland», «Valtra», «Mk Cormich», «Class», «Douth», «AGRO», MF, «Fendt» відрізняються від попередніх моделей впровадженням електроніки для керування тяговою потужністю, інформування працівника, регулювання керування трансмісією та гідравлічною системою, паливним насосом. В базовій комплектації знаходяться супутникові системи управління, які значно підвищують ефективність праці тракториста, допомагаючи з точніше керувати без маркера агрегатами із широкими захватами.

Аналіз досліджень показує, що на світовому ринку основна кількість сільськогосподарської техніки продукується у найбільш промислово розвинутих країнах. Сучасна техніка поряд із ростом потужності стає більш потужнішою, маневренною, зручнішою експлуатації та сервісі.

Перелік використаних джерел:

1. Офіційний сайт компанії "Ельворті". <https://elvorti.com/> .
2. Офіційний сайт компанії “НВС Телематические Системы”, <http://nvs-ts.com.ua/company>.
3. Офіційний сайт компанії John Deere. – Режим доступу: <http://www.deere.com>.
4. Офіційний сайт компанії Claas KGaA mbH. – Режим доступу: <http://www.claas.com>.
5. Офіційний сайт компанії CNH Global. – Режим доступу: <http://www.cnh.com>.

6. Офіційний сайт компанії AGCO. – Режим  
доступу: <http://www.agcocorp.com>.

Л.П. Середа, к.т.н., Д.А. Ковальчук, студент-магістрант  
Вінницький національний аграрний університет

## **РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОГО ГРУНТООБРОБНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ РЕСУРСООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ**

**Актуальність досліджень.** Нині Україна завдяки своєму ґрунту (чорнозему) друга за площею країна в Європі. Ґрунти України є надзвичайно родючими та багатими на органічну речовину як гумус. Чорнозем, який займає трохи більше ніж половину всієї території країни, створює виняткові агрономічні умови, для вирощування широкого спектру посівних культур.

В Україні під сільським господарством зайнято близько 92% території земель, рівень розораності земель становить понад 59%, в той час як в розвинених країнах Європи та світу – не перевищує 35%, що в свою чергу, призводить до втрати родючості, здатності до відтворення біомас і самоочищення від забруднюючих речовин [2,3,4].

**Постановка завдання.** Як показує аналіз існуючого стану в регіонах інтенсивного землеробства, майже повсюдно відбувається погіршення ґрунотно-екологічного стану земель та довкілля в цілому [2,3,4].

При традиційній технології обробітку ґрунту з оборотом пласта, що досить часто використовується на території України, витрачається досить велика кількість енергетичних та фінансових ресурсів, але головним недоліком є зменшення важливого показника родючості ґрунту – гумусу. Крім того, у традиційній технології, при багаторазових проходах ґрунтообробних агрегатів відбувається ущільнення ґрунту та утворення плужної підшви, негативно впливаючи на формування кореневої.

Враховуючи стратегічну важливість формування матеріально-технічної бази для забезпечення збереження основного показника ґрунту – гумусу під час обробітку, високі енерговитрати на обробіток традиційною технологією та підвищення врожайності сільськогосподарських культур, виникає потреба в проведенні досліджень спрямованих на вирішення питання запровадження сучасних технологій обробітку ґрунту, у тому числі розробкою пристроїв для них, що і обумовлює **актуальність** та практичну цінність досліджень.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** На даний час одним із основних напрямків розвитку землеробства в Україні є впровадження ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту, які направлені на збереження ґрунтових, біологічних та водних ресурсів, а також зниження собівартості виробленої рослинницької продукції.

У сучасному сільськогосподарському виробництві обробіток ґрунту здійснюється за різними системами та технологіями, в залежності від ступеня покриття поверхні ґрунту (рис. 1), в значній мірі ступінь покриття залежить від інтенсивності обробітку поверхні ґрунту [2,3,4].

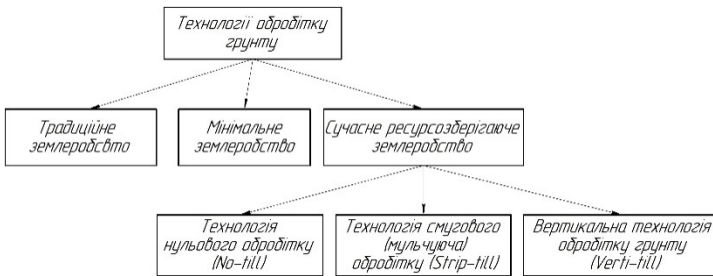


Рис. 1 – Системи технологій обробітку ґрунту

Аналізуючи технології обробітку ґрунту, оптимальною для впровадження буде технологія як Strip-till, основу якої складають, наступні цілі: відтворення ґрунтової родючості; збереження ґрунту від водної та вітрової ерозії, збільшує запас біоти, ґрунтової вологи; поліпшує мінеральне живлення рослин.

Впровадження технології Strip-till для України дає низку основних позитивних сторін [2,3,4]:

- отримання оптимальної структури ґрунту перед посівом за рахунок смугового обробітку ґрунту спеціальними робочими органами;

- створення оптимально сформованого простору в місці проростання кореневої системи рослин за рахунок розпушування ґрунту і забирання з місця майбутньої смуги післязбиральних решток та відсутності ущільнення ґрунту;

- забезпечення доступу рослин до ґрунтової вологи за рахунок збереження капілярності ґрунту, особливо в міжряддях, де руйнування ґрунтової структури не відбувається;

- захисту від водної та вітрової ерозії, насамперед, за рахунок поліпшення структури ґрунту, попередження появи дуже мілкового шару ґрунту.

В агропромисловому комплексі України великого розвитку набули підприємства та ферми, які мають не значні сільськогосподарські угіддя, на яких використання габаритної агрегати є економічно не вигідним. Застосування великогабаритних агрегатів у таких господарствах дають незадовільні результати роботи: значно більша вага та габаритні розміри що сприяють ущільненню ґрунту та ускладнюють роботу на невеликих ділянках, при цьому потрібно великі поворотні смуги, багато часу витрачається на розвороти, відхилення від прямолінійного руху на нерівній поверхні, досить великі витрати палива та забруднення навколишнього середовища.

Виходячи з вище переліченого, необхідно створити комплексні комбіновані ґрунтообробні агрегати для технології Strip-till малих фермерських господарств, які будуть відповідати потребам невеликих господарств, при цьому маючи високі експлуатаційні та економічні показники, конкуруючи із зарубіжними аналогами.

Аналізуючи якість роботи пристроїв установлено, що кращі результати по подрібненню ґрунту показали пристрої з активними робочими органами у

вигляді спеціальних обертальних дисків і ґрунтових фрез. Враховуючи перспективність подібних пристроїв, на кафедрі агроінженерії і технічного сервісу ВНАУ розробили пристрій для фрезерного обробки ґрунту з одночасним внесенням добрив та багатофункціональний мотоблок, який має гідравлічний привід для пристрою [1,3].

Пристрій (рис. 2) призначений для сучасних технологій на глибину обробітку до 10-12 см. фрезерними барабанами, з одночасним внесенням добрив, що в свою чергу дозволить за один прохід виконувати дві технологічних операції – фрезерування та внесення добрив.

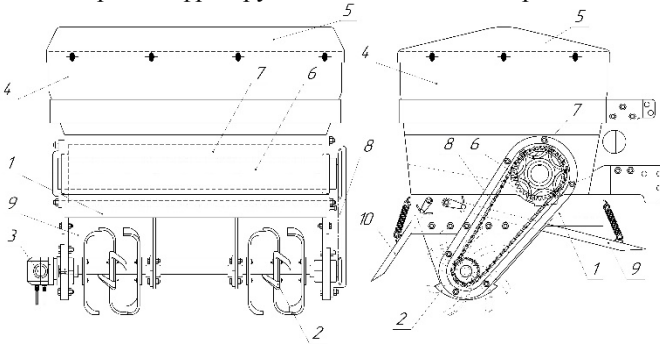


Рис. 2 – Запропонована конструкція комбінованого пристрою

Запропонований пристрій (рис. 2) складається з несучої рами 1, на якій вмонтовано ґрунтообробну фрезу 2, яка має привід 3, на раму встановлено бункер 4 з мінеральними добривами, зверху який накритий тентом 5, в бункер вмонтовано туковисівний апарат 6 [3].

Таким чином, за результатами проведених досліджень, актуальним на сьогодні є впровадження ґрунтозберігаючих технологій, які дозволять зберегти та відновити родючість землі, зменшити ерозійні процеси, зберегти екосистему ґрунту, вносити добрива до коренів рослин, накопичувати та зберігати вологу у ґрунті, та збільшити врожайність посівних культур.

#### Перелік використаних джерел:

1. Багатофункціональний сільськогосподарський мотоблок : пат. 147341 Україна : МПК (2021.01) A01B 49/00. № u2020 08356 ; заяв. 28.12.20 ; опубл. 28.04.21, Бюл. №17.
2. Серeda Л.П. Технологія Strip-till в рослинництві. Перспективи впровадження в Україні. Зрошувальне землеробство, ДДАЕУ, 2017 с 104-107.
3. Серeda Л.П., Купчук І.М., Ковальчук Д.А., Замрій М.А., Розробка пристрою для фрезерного обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив, Техніка, енергетика, транспорт в АПК, Вінниця, 2021, с. 152-161.
4. Серeda Л.П., Труханська О.О., Швець Л.В. Розробка і дослідження ґрунтообробної машини для технології Strip-till з активними робочими органами, Вібрації в техніці і технологіях, Вінниця, 2019 с. 65-71.

О.Г. Скляр, к.т.н., Р.В. Скляр, к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **ПІДГОТОВКА СУБСТРАТІВ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТАНОГЕНЕРАЦІЇ**

Необхідність впровадження біоенергетичних установок призвела до вирішення завдання інтенсифікації процесів метанового зброджування. Підвищення ефективності процесу анаеробного бродіння може здійснюватися [1,2]:

- мікробіологічними способами за рахунок інтенсифікації життєдіяльності мікроорганізмів, зокрема, створення високоактивних штамів мікроорганізмів, які вирощують в спеціальних культиваторах і вносять у вигляді закваски в реактор;
- створенням стимулюючих добавок;
- іммобілізацією мікроорганізмів на різних носіях; – впровадженням коферментації;
- інтенсифікацією процесу отримання біогазу за рахунок конструктивно-технологічних рішень.

Проаналізуємо способи підготовки субстрату для підвищення ефективності роботи біогазових установок.

### *Подрібнення.*

Подрібнення субстрату підготовлює його поверхню для біологічного розкладання і таким чином для отримання метану. В принципі можна виходити з того, що зі збільшенням ступеня подрібнення зростає швидкість біологічного розкладання, але не обов'язково збільшується вихід газу. Обсяг отримання метану, зокрема, залежить від співвідношення часу перебування і ступеня подрібнення [2,3]. Тому потрібно приділяти значну увагу ефективному використанню техніки. Ділянка подрібнення твердих субстратів може розташовуватися перед ділянкою подачі субстрату в приймальну ємність, трубопровід або реактор. Для цього можна використовувати шредери, млини, дробарки, а також вали і шнеки з пристроями, що розривають і ріжуть. Вали з лопатями і шнеки з ножами часто використовуються на комбінованих ділянках прийому і дозування [4]. Завдяки їх широкому використанню властивості подрібнювальних агрегатів при прямому дозуванні твердих речовин забезпечуються на комбінованих ділянках прийому і дозування, а також млинами і шредерами.

На відміну від подрібнення твердих речовин перед подачею в приймальну ємність, трубопровід або реактор, суспензії з вмістом твердих речовин і волокон можуть подрібнюватись безпосередньо в приймальній ємності, в інших ємностях для змішування або в трубопроводі.

### *Змішування з рідиною, гомогенізація.*

Змішування субстратів з рідиною необхідно при вологому зброджуванні для отримання субстратів, що транспортуються, шляхом збільшення в них вмісту води для подальшої подачі в реактор [2]. Змішування проводиться, як правило, в приймальній ємності або інших ємностях незадовго до подачі субстрату на зброджування. В якості рідини для змішування з субстратом в залежності від їх наявності можуть використовуватися рідкий гній, рідкі залишки від бродиння (після пресування), технологічна вода або у виняткових випадках також свіжа вода. Використання рідких залишків від бродиння може зменшити потребу у свіжій воді, його перевага також полягає в тому, що субстрат ще до надходження в реактор заправляється бактеріями з процесу бродиння. Тому використання такого підходу особливо рекомендується після ділянки гігієнізації або в комплексі з технологією потоку витіснення. Однорідність поданого в реактор субстрату має велике значення для стабільності процесу бродиння. При сильних коливаннях навантаження і мінливому складі субстрату мікроорганізми змушені пристосовуватися до умов, що змінюються, а це в більшості випадків пов'язано зі зменшенням виходу газу [4,5]. Гомогенізація субстратів, які можуть перекачуватися, переважно, проводиться мішалками в приймальній ємності. Але вона може проводитися і в реакторі, якщо різні субстрати подаються насосами [4] і / або засипаються прямо в нього.

*Гігієнізація.* Щоб виконати запропоновані законодавством критерії для деяких критичних з точки зору епідеміологічної та фітогігієни груп речовин, при певних обставинах може знадобитися інтеграція в біогазову установку каскаду обладнання для попередньої термообробки. Попередня обробка проводиться шляхом нагрівання матеріалів до температури в 70 °C мінімум впродовж однієї години. Другим методом знищення мікроорганізмів є стерилізація під тиском. В цьому випадку субстрат піддається стерилізації впродовж 20 хвилин при температурі 133 °C і тиску 1 бар. Але ця технологія в порівнянні з гігієнізацією при 70 °C зустрічається рідше. Температура субстрату після гігієнізації вище технологічної температури в реакторі. Тому гігієнізований субстрат підходить для підігрівання інших субстратів або може використовуватися для підігріву самого реактора при подачі субстрату в нього. Якщо тепло гігієнізованого субстрату не використовується, слід передбачити його охолодження до температури реактора [5].

### *Аеробне попереднє компостування.*

При зброджуванні твердих речовин за гаражною технологією є можливість цілеспрямованого вентилявання субстрату перед власно процесом бродиння. Процеси компостування, які починаються внаслідок подачі повітря, викликають нагрівання субстрату до температури від 40 до 50°C. Перевага попереднього компостування, що триває впродовж від двох до чотирьох днів, полягає в розкритті клітин і самоігріванні матеріалу, завдяки чому, зокрема, можна заощадити на додаткових нагрівальних елементах для



реактора. А недолік полягає в тому, що органічна субстанція вже розпадається і з неї не буде отриманий біогаз.

#### *Гідроліз.*

При однофазному процесі та великому об'ємному навантаженні існує небезпека розбалансування технологічної біології в реакторі, тобто кислота під час первинного і вторинного бродіння буде утворюватися швидше, ніж відбувається розкладання кислоти під час утворення метану [4]. При великому об'ємному навантаженні і короткому часі перебування також зменшується ступінь використання субстратів, так в самому несприятливому випадку це загрожує підвищенню кислотності і втратою рівноваги біологією реактора. Щоб запобігти цьому, процеси гідролізу і розкислення можна проводити в окремих ємностях перед самим реактором або в спеціальних відділеннях реактора (напр., двофазний реактор).

#### *Дезінтеграція.*

Дезінтеграція - це руйнування структури клітинної стінки для звільнення всього її вмісту. Завдяки цьому досягається краща доступність субстрату для мікроорганізмів, що має призводити до збільшення швидкості розкладання. Для руйнування структури клітин використовуються термічні, хімічні, біохімічні і фізико-механічні методи. Можливими методами є нагрівання до  $<100\text{ }^{\circ}\text{C}$  при нормальному тиску або  $>100\text{ }^{\circ}\text{C}$  під тиском вище за гідроліз, додавання ензимів або використання ультразвукової дезінтеграції як представника механічних технологій.

#### Перелік використаних джерел:

1. Болтянська Н. І., Комар А. С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. WayScience. Дніпро, 2020. Т. 1. С. 118-121.
2. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Теоретичні дослідження режимів і параметрів метантенку біогазової установки. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, Т. 1. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-1.pdf>
3. Boltianska N. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference. Bordeaux «Social function of science, teaching and learning». Bordeaux, France 2020. Pp. 478-480.
4. Скляр Р. В. Аналіз способів подачі субстрату в метантенк біогазової установки. 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>
5. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Обґрунтування способу перемішування субстрату для експериментальної біогазової установки. 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>

Р.В. Скляр, к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

Наукове обґрунтування пріоритетів розвитку сільського господарства, як елемента внутрішньо- та зовнішньоекономічної політики неможливе без побудови економіко-математичних моделей і реалізації їх засобами програмного забезпечення, що дозволяє розробити та проаналізувати сценарії розвитку галузі.

Економічна ситуація, що невинно змінюється, вимагає від управлінців, котрим доводиться приймати рішення як в приватному секторі, так і за його межами, системного бачення майбутнього, розуміння процесів, які відбуваються в аграрній галузі [1,2]. Вірогідний рівень попиту на продукцію, ступінь зайнятості населення, очікуваний рівень цін і доходів регіону - ці та багато інших чинників є актуальними питаннями сталого розвитку. Тому економіко-математичні методи та моделі використовуються як один із напрямів наукового пізнання реальності. Саме за допомогою застосування економіко-математичних методів та моделей надаються такі можливості як формально описані зв'язки між економічними змінними, відображаючи специфіку виробничих процесів – розв'язувати задачі оптимізації планування та управління, виявлення залежності між параметрами та адекватне коректування планів й управлінських рішень, своєчасне реагування на зміни поставлених цілей.

Стан у якому знаходиться сільськогосподарське виробництво і інші галузі агропромислового комплексу України [2,3], вимагає обґрунтованого визначення стратегічних напрямків здійснення аграрної політики зупинення спаду і забезпечування нарощування обсягів виробництва, відновлення внутрішнього і зовнішнього ринків продовольства, прискорення соціально-економічних перетворень на селі.

Вектор аграрної політики має бути спрямовано на гарантування продовольчої безпеки країни, забезпечення пріоритетного розвитку агропромислового комплексу з визнанням сільського господарства базовою галуззю економіки національного господарства, створення умов для стабілізації та нарощування виробництва сільськогосподарської продукції.

У полі зору державної аграрної політики постійно має знаходитися проблема вдосконалення організаційно-економічних механізмів, цінового регулювання, кредитно-фінансової системи й податкової політики. Особливе місце повинен займати соціальний розвиток села, інфраструктура сільських поселень: освіта, культурно-побутові умови, охорона здоров'я, газифікація,

дороги з твердим покриттям, транспорт, зв'язок, об'єкти побутового обслуговування.

Отже, потреба у застосуванні методології дослідження аграрної галузі за допомогою економіко-математичного моделювання із застосуванням, відповідно, організаційно-правових чинників нагальна і невідкладна.

Математичне моделювання при вивченні процесів аграрної галузі економіки застосовується з метою визначення оптимального поєднання галузей, тобто збалансування виробництва і використання ресурсів [1,2] таким чином, щоб забезпечити:

- раціональне використання наявних ресурсів виробництва; найкраще розміщення та спеціалізацію сільськогосподарського виробництва;
- оптимальне використання складу машинно-тракторного та автомобільного парку;
- оптимальний оборот та структуру стада;
- оптимальні раціони харчування тварин та використання кормів тощо.

Отже, сьогодні український аграрний сектор знаходиться на роздоріжжі економічного розвитку, маючи перед собою цілу низку варіантів вибору. І тому, саме економіко-математичні моделі можуть бути важливим інструментом в руках менеджерів аграрної сфери для передбачення можливих наслідків будь-яких здійснених заходів.

Представимо систему моделей для дослідження технологій в сільському господарстві в розрізі галузей (рис. 1).



Рис. 1. Система економіко-математичних моделей оптимізації виробничих процесів аграрної галузі

Слід зазначити, що система моделей будуються за принципом цілеспрямованого розвитку галузей та має на меті оптимізувати виробничу програму на рівні аграрного підприємства. Так, для кожного сільськогосподарського підприємства не залежного від типу і форми власності та спеціалізації головною задачею є покращення продуктивності сільськогосподарських угідь, збільшення обсягів виробництва продукції галузі рослинництва та тваринництва [3]. Зрозуміло, що це залежить від багатьох чинників.

Необхідно зауважити, що галузі рослинництва та тваринництва тісно пов'язані між собою. Посівні площі кормових культур залежать від особливостей сівозмін, типу ґрунтів, їх фактичного стану та виду і обсягу продукції тваринництва. Головною задачею розрахунку структури посівних площ кормових культур є створення надійної кормової бази для тваринництва. Також, оптимальний розподіл органічних [4,5] та мінеральних добрив забезпечує підвищення урожайності сільськогосподарських культур, а це означає покращення продуктивності праці, зменшення собівартості продукції, що виробляється. Ефект від застосування добрив [4,5] може бути як агрономічним, так і економічним. Важливим завданням є підвищення віддачі кожного кілограма поживних речовин добрив, внесених у ґрунт, забезпечення їх ефективного використання. Гостро постає питання раціонального використання добрив, яке б враховувало комплекс біологічних особливостей сільськогосподарських культур, ґрунтово-кліматичних умов їх вирощування, наявність ресурсів добрив, співвідношення цін на продукцію та добрива, забезпечення високих врожаїв тощо.

Перелік використаних джерел:

1. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Напрями використання органічних ресурсів у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С. 210-217.
2. Болтянська Н. І., Комар А. С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. WayScience. Дніпро, 2020. Т. 1. С. 118-121.
3. Boltianska N. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference. Bordeaux «Social function of science, teaching and learning». Bordeaux, France 2020. Pp. 478-480.
4. Григоренко С.М. Технічні рішення щодо сушіння пташиного посліду. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 2. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wpcontent/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-2.pdf>
5. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Порівняльна характеристика термічних методів переробки пташиного посліду. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 2. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wpcontent/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-2.pdf>

С.П. Степаненко, к. т. н., с.н.с.

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», смт. Глеваха

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ АЕРОДИНАМІЧНОГО РОЗДІЛЕННЯ НАСІННЯ В ГРАВІТАЦІЙНОМУ ЗИГЗАГОПОДІБНОМУ СЕПАРАТОРІ**

Дослідженням процесу пневмосепарації насінневих сумішей в аспіраційних каналах сепараторів приділено не достатньо уваги [1]. Треба відмітити, що у більшості випадків насінневу суміш розглядають, як щільний зерновий шар [2], який потрапляє у пневмоканал. При цьому пневмосепарація і видалення легких домішок з шару насінневої суміші відбувається у верхній його частині [3], що значно погіршує якість. Тому виникла необхідність змоделювати процес аеродинамічного розділення насінневої суміші в новому гравітаційному зигзагоподібному сепараторі [4] та дослідити зміну поведінки руху зернівок при штучному розпушенні насінневої суміші.

На базі розроблено пневматичного сепаратора насіння в ННЦ «ІМЕСГ» було розроблено експериментальну установку кільцевого гравітаційного пневмосепаратора з V – подібним каналом (КГП) рис. 1.

Сепаратор простий за будовою, не пилить, самоочищається і не травмує насіння. Продуктивність при безперервному завантаженні 100-400 кг/год.

Гравітаційний зигзагоподібний сепаратор можна використовувати як для очищення і сортування зерна, так і насіння різних сільськогосподарських культур, попередньо оброблених в повітряно-решітних та трієрних машинах, а також використовувати в технологічних лініях для обробки насіння на пунктах та заводах як самостійні машини.

Гравітаційний зигзагоподібний сепаратор представляє собою конструкцію, яка складається з корпусу, бункера, скатних полок, напрямних каналів, осадної камери, обичайок, збиральних полок, вентилятора, вихідних каналів.

Технологічний процес роботи машини виконувався наступним чином. Зернова суміш самопливом з бункера подавалась на скатні полицки у V – подібний канал. Скочуючись вниз по полці, насіння з легкими домішками попадає в похилий повітряний потік, створений вентилятором. Зерно за рахунок своєї ваги і малого коефіцієнту аеродинамічного опору падає вниз та розділяється на фракції за аеродинамічними властивостями, а легкі домішки, захоплені повітряним потоком, внаслідок більшого коефіцієнту аеродинамічного опору видаляються в напрямку руху повітряного середовища в осадову камеру.

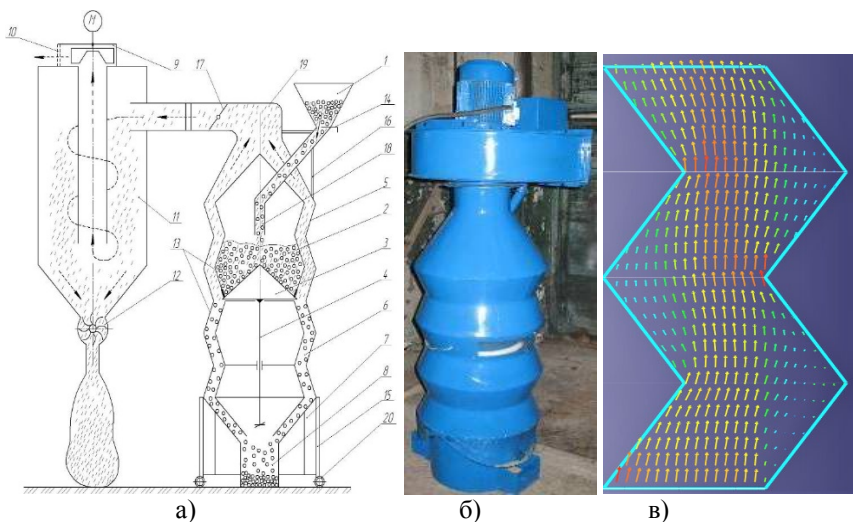


Рис. 1 – Гравітаційний зигзагоподібний сепаратор:

а) – схема експериментальної установки; б) – загальний вигляд гравітаційного зигзагоподібного сепаратора; в) - модель руху повітряного середовища в каналі сепаратора типу зигзаг

1 – приймальний бункер; 2 – накопичувальний бункер; 3 – конус-дозатор; 4 – регулююча штанга; 5 – кільцевий V - подібний аспіраційний канал; 6 – сегментні вставки; 7 – випускний патрубков; 8 – накопичувальний короб для очищеного насіння; 9 – відсмоктуючий вентилятор; 11 – циклон; 12 – дозатор для легких домішок; 13 – оглядове вікно; 14 – шибер; 15 – рама пневмосепаратора; 16 – опорна рамка; 17 – регулююча заслінка; 18 – направляючий випускний патрубков; 19 – перехідний дифузор; 20 – колеса;

У пневмогравітаційних сепараторах типу зигзаг, сепарувальний канал складається з каскаду послідовно з'єднаних нахилених пневмоканалів, рух зернівки в яких описано системою диференціальних рівнянь у вигляді:

$$\begin{cases} \frac{d^2x}{dt^2} = \pm \frac{g}{V^2} \cdot \sqrt{\left(\frac{dx}{dt} - \vartheta(x) \cdot \cos \beta\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} - \vartheta(x) \cdot \sin \beta\right)^2} \cdot \left(\frac{dx}{dt} - \vartheta(x) \cdot \cos \beta\right), \\ \frac{d^2y}{dt^2} = \pm g \pm \frac{g}{V^2} \cdot \left(\frac{dy}{dt} \sqrt{\left(\frac{dx}{dt} - \vartheta(x) \cdot \cos \beta\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} - \vartheta(x) \cdot \sin \beta\right)^2} + \left(\frac{dy}{dt} - \vartheta(x) \cdot \sin \beta\right)^2\right) \end{cases}$$

Результати моделювання руху компонентів зернового матеріалу у вигляді повітряного середовища в повітряному каналі сепаратора типу зигзаг наведено на (рис. 1, в).

Як показує моделювання процесу аеродинамічного розділення насіння в гравітаційному зигзагоподібному сепараторі сепарації (рис. 1, в), частка в своєму русі здійснює складний рух, який відбувається при одночасній дії на неї сили опору повітряного потоку, сили тяжіння, сили Магнуса та як наслідок удар об стінки аспіраційного зигзагоподібного каналу. Моделювання процесу очистки зернових матеріалів в аспіраційних каналах сепараторів дозволить обґрунтувати їх оптимальні параметри та визначити технологічний ефект сепарації.

Даний метод дозволяє побудувати складну систему траєкторій руху зернівок всередині зигзагоподібного аспіраційного каналу, в залежності від параметрів каналу та фізико – механічних властивостей матеріалу.

Використано метод для побудови складної траєкторії руху зернівок всередині зигзагоподібного аспіраційного каналу, що дає можливість спростити аналітичні розрахунки ймовірнісних процесів. Розроблена механіко – математична модель, яка описує рух зернівки всередині аспіраційного зигзагоподібного каналу, дає можливість обґрунтувати геометричні параметри вертикальних аспіраційних каналів та розробити теоретичні основи складних процесів в каналах з нагнітальним та відсмоктувальним принципом дії.

Перелік використаних джерел:

1. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (сепарація, сушіння, активне вентилявання, охолодження): *монографія* / Б. І. Котов, Р. А. Калініченко, С. П. Степаненко, В. О. Швидя, В. О. Лісецький. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М., 2017. 552 с.
2. Stepanenko S. 2012: Osobennosti modelirovaniya processov separacii zerna v usloviyah zernotoka hozjajstva / S.Stepanenko // *Motrol, Motoryzacija i energetyka rolnictwa*. – Lublin. – Выр. 3, т. 14. – 148–157.
3. Степаненко С.П. Підвищення ефективності вібропневматичних сепараторів зерна: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.05.11 / С. П. Степаненко. – Глеваха, 2008. – 21 с.
4. Степаненко С.П. Механіко-технологічне обґрунтування процесів і обладнання безрешітного фракціонування зернових матеріалів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: 05.05.11 / С. П. Степаненко. – Глеваха, 2021. – 50 с.

С. П. Степаненко, к. т. н., с.н.с., О.О. Коновал, провідний інженер  
Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства»

## **ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ**

Термічну обробку зерна проводять для підвищення перетравності зерна при його використанні на корм тваринам. Зокрема, термічну обробку зерна сої проводять для інактивації антипоживних речовин - інгібіторів трипсину, що входять до її складу та стримують процес перетравлювання поживних речовин.

В техніці нагріву зернових матеріалів широко використовується інтенсивне нагрівання інфрачервоними (ІЧ) променями, що забезпечує швидке нагрівання при відносно простих конструкціях випромінювачів і зручному підведенні енергії. Проте обладнання, що використовується для термічної обробки зернових матеріалів, досить габаритне та має значні питомі енергетичні витрати на виконання даного технологічного процесу.

Якість обробки зернових матеріалів неоднакова внаслідок нерівномірного підведення тепла до різних ділянок матеріалу, що нагрівається. Коефіцієнт використання теплового ІЧ-випромінювання низький, що призводить до необхідності застосовувати дзеркальні відбивачі та інші пристрої.

Відомий спосіб термічної обробки зернових матеріалів, де опромінюваний матеріал переміщують на стрічковому транспортері, полотно якого виконано з стержнів, прозорих для ІЧ- випромінювання. На опромінюваний матеріал впливають одночасно двостороннім підводом тепла. Частина випромінювачів, які розміщені над стрічкою транспортера, опромінюють верхні шари матеріалу, інша частина випромінювачів, що розташовані під транспортером, опромінюють нижній шар матеріалу [1-2].

Недоліком даного способу є те, що матеріал, який нагрівають інфрачервоними променями, проходить послідовно три вібротранспортери, які розміщені один під одним. Великі конструкційні розміри призводять до великих зовнішніх втрат теплового випромінювання. Конструкційне розташування трубчатого ІЧ-нагрівача над рівною поверхнею, по якій рухається опромінюваний матеріал, дозволяє використовувати ІЧ-випромінювання всього на 30-50%.

Відомий також спосіб термічної обробки зернових матеріалів, при якому матеріал подають з торця похилого барабана, що обертається, де його нагрівають. Для забезпечення самовільного транспортування матеріалу вздовж барабана він забезпечений пристроєм для регулювання кута його нахилу. Матеріал в барабані переміщується по нижній частині внутрішньої



циліндричної поверхні, одночасно активно перемішуючись, і сходять з поверхні в кінці барабана. Джерело ІЧ- випромінювання розміщене всередині барабана у верхній його частині. Перевагою даного способу є те, що випромінюване тепло повністю йде на нагрів матеріалу [3-4].

В зв'язку з тим, що існуюче обладнання не задовольняє вимог виробництва [2-4], обґрунтування нового способу термічної обробки зернових матеріалів, а також розробка нової конструкції технічного засобу для здійснення даного технологічного процесу є актуальною проблемою сьогодення.

Вказана проблема вирішується за рахунок того, що розроблено новий спосіб термічної обробки зернових матеріалів, де зерновий матеріал після завантаження розподіляється рівномірним тонким шаром по всій внутрішній циліндричній поверхні барабана і утримується на ній при наданні барабану частоти обертання, яка необхідна для створення відцентрових сил, що утримують матеріал на поверхні, а переміщення та перемішування виконується примусово за допомогою, спірального конвеєра, причому комбінована дія вищеназваних операцій сприяє здійсненню імпульсного нагріву зернового матеріалу в барабані.

Розподіл зернового матеріалу рівномірним шаром на внутрішній поверхні барабана дозволило розподілити матеріал по всій поверхні шаром товщиною до 10 мм і менше, що в свою чергу інтенсифікує прогрівання шару матеріалу. Ексцентрично розміщене джерело ІЧ-випромінювання обігріває весь шар матеріалу, але коли чергова ділянка циліндра підходить до наближеного в одному місці нагрівача, то шар матеріалу проходить більш інтенсивну термічну обробку, але не підгорає, бо промені які діють на матеріал, складають всього частки секунди. Опускаючись вниз разом з циліндром шар матеріалу дещо охолоджується, переміщується частково до виходу і знову піднімається, попадаючи під інтенсивну дію нагрівача, тобто відбувається імпульсний обробіток шару матеріалу, що дозволяє за рахунок інтенсифікації процесу нагрівання зерна підвищити продуктивність процесу термічної обробки зернових матеріалів.

Конструкція нового технічного засобу для термічної обробки зернових матеріалів (рис. 1) включає: раму з циліндричним барабаном, встановленим з можливістю обертання навкруги подовжньої осі, джерело інфрачервоного випромінювання, розміщене всередині барабана у верхній його частині, завантажувальний та вивантажувальний пристрої, механізм для ворошіння шару зерна та надання йому поступального руху в напрямку вивантаження, а завантажувальний пристрій розташований на рамі так, що подача матеріалу всередину барабана здійснюється із зміщенням відносно вертикальної площини, яка проходить крізь вісь його обертання на відстані, що забезпечує подачу матеріалу по дотичній в напрямку обертання барабана, який наділений швидкістю обертання, достатньою для утримання шару зернового матеріалу на внутрішній поверхні барабана.

Особливістю конструкції є те, що механізм для ворухіння шару зерна та надання йому поступального руху виконано у вигляді гвинтового конвеєра з приводом та встановлено на рамі з можливістю контактування його із вказаним шаром вздовж твірної внутрішнього циліндра в нижній частині барабана.

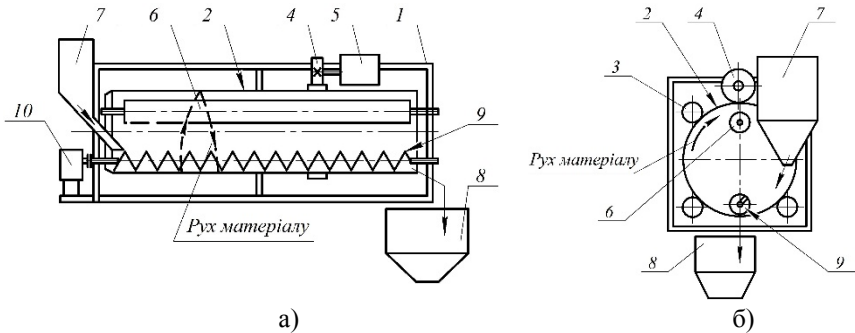


Рис. 1 – Конструкційна схема технічного засобу для термічної обробки зернових матеріалів, (а) - поздовжній розріз, (б) - поперечний розріз.

1 – рама; 2 - циліндричний барабан; 3 – ролики; 4 - фрикційна передача; 5 – електропривод; 6 - джерело інфрачервоного випромінювання; 7 - бункер-дозатор; 8 - вивантажувальний пристрій; 9 - гвинтовий конвеєр; 10 – привод

Розміщення завантажувального пристрою зі зміщенням подачі в барабан забезпечує подачу матеріалу по дотичній в напрямку обертання барабана і не викликає скупчення матеріалу в зоні його завантаження.

Перелік використаних джерел:

1. Kotov B.I., Spirin A.B., Tverdokhlib I.V., Polyevoda Y.A., Hryshchenko V.O., Kalinichenko R.A. (2018). Theoretical researches of cooling process regularity of the grain material in the layer. INMATEH: Agricultural Engineering. 54(1). 87-94.
2. Kotov B., Kalinichenko R., Spirin A. (2015). Mathematical modeling of heat and mass transfer process under heat treatment of grain materials in dense layer. TEKA. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 17(5). 54-57.
3. Rogovskii I.L., Stepanenko S.P., Novitskii A.V., Rebenko V.I. (2020). The mathematical modeling of changes in grain moisture and heat loss on adsorption drying from parameters of grain dryer. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 548. 082057 doi:10.1088/1755-1315/548/8/082057.
4. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Solomka O.V., Popyk P.S., Shvidia V.O., Stepanenko S.P. (2019). Experimental studies of drying conditions of grain crops with high moisture content in low-pressure environment. INMATEH. Agricultural Engineering. Bucharest. 57(1). 141-146.

С. П. Степаненко, к. т. н., с. н. с., І. С. Попадюк, провідний інженер  
Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства»

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ВІБРОПНЕВМОВІДЦЕНТРОВОГО СЕПАРАТОРА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНОВИХ ТА ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР**

В комплексі робіт з виробництва зерна післязбиральна обробка є найбільш трудомістким процесом і завершальним його етапом, тому якість її виконання безпосередньо впливає на збереження зібраного врожаю. Важливо не тільки виростити високий урожай зернових та олійних культур, але і своєчасно попередити втрати зібраного зерна.

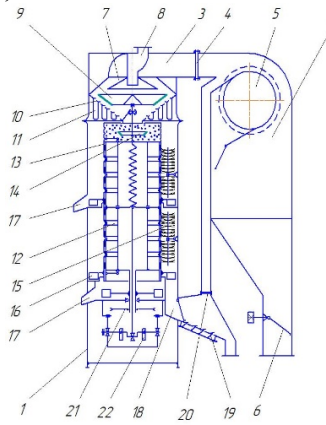
Ріст валових зборів зерна, а також зміна умов післязбиральної обробки висунили нові вимоги до зерноочисних агрегатів і зерноочисно-сушильних комплексів [1]. Збільшення чисельності комбайнового парку, зміна організації і скорочення строків збиральних робіт призвели до значного росту інтенсивності і нерівномірності надходження зерна з поля на зерноочисно-сушильні пункти господарств. Тому розробляються зерноочисні агрегати і зерноочисно-сушильні комплекси продуктивністю від 50 до 200 т/год для післязбиральної обробки зернових, зернобобових і круп'яних культур, кукурудзи, сорго і насіння соянишнику [2]. В таких потокових лініях в якості машини первинного очищення використано машину з відцентрово-пневматичною віялкою і вібровідцентровими решетами [3-4], розробленою лабораторією післязбиральної обробки зерна ННЦ «ІМЕСГ» рис. 1.

Вібропневмовідцентровий сепаратор працює наступним чином. Зерновий матеріал, що підлягає розділенню на фракції, через зернопровід надходить на розкидач, який обертається разом з ротором. Розкидач, завдяки відцентровим силам, рівномірно розподіляє зерновий матеріал всередині відцентрово-пневматичної віялки. Завдяки повітряному потоку, створеному вентилятором відстійної камери, в просторі над жалюзійним збиральним конусом відбувається розділення легких домішок від основної фракції. Легкі домішки, підхоплені повітряним потоком, надходять до відстійної камери та через повітропровід і патрубок, осідають і вивантажуються через вакуум-клапан. Основна фракція під дією сили тяжіння скочується по стінках жалюзійного збирального конуса, повторно очищуючись повітряним потоком, що подається з отворів жалюзійного збирального конуса і надходить до внутрішнього розкидача. Розкидач обертається спільно з ротором та за допомогою відцентрових сил розподіляє попередньо очищену від легких домішок зернову масу по внутрішній поверхні решіт. Під дією відцентрових сил, сили коливального руху, сили тяжіння та вихрових сил відбувається розділення зернової маси на фракції в залежності від розмірів і ваги зернівок

фракцій, при цьому більш легка фракція попадає до вібровідцентрового решета в середній частині, а важка – в нижній частині сепаратора.



а)



б)

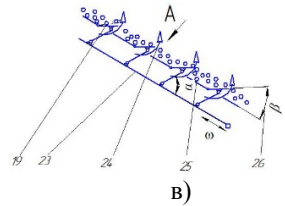


Рис. 1 – Загальний вигляд вібропневмовідцентрового сепаратора БЦСМ-50А (а); схема вібропневмовідцентрового сепаратора (б); удосконалений пристрій доочищення вібропневмовідцентрового сепаратора БЦСМ-50А (в)

1 – корпус; 2 - відстійна камера; 3 – повітропровід; 4 – патрубок; 5 – вентилятор; 6 - вакуум-кран; 7 - відцентрово-пневматична віялка; 8 – зернопровід; 9 – розкидач; 10 - жалюзійний конус; 11 - повітрязабірні отвори; 12 – ротор; 13 - вібровідцентрові решета; 14 - внутрішній розкидач; 15 – щітки; 16 – лопатки; 17 - лотки фракцій; 18 - лоток виходу очищеного зерна; 19 - жалюзійні заслінки; 20 - ковпак з патрубком; 21 - механізм приводу; 22 – привід; 23 - штанга регулювання; 24 - напрям зміни повітряного потоку; 25 - вихідне очищене насіння; 26 - кута зміни жалюзійних заслінок

Фракції, що пройшли через вібровідцентрове решето, вивантажуються до вихідних лотків за допомогою лопаток. Очищене зерно проходить через вібровідцентрове решето в нижній частині сепаратора, підхоплюється лопатками і надходить до вихідного лотка. Під дією сили тяжіння очищене зерно скочується по нижній похилій площині з удосконаленою системою регулюючих жалюзійних заслінок і вивантажується з сепаратора, при цьому повітряний потік, проходячи крізь регулюючі жалюзійні заслінки до відстійної камери через патрубок додатково очищує зерновий потік від залишок легких домішок, плівок, пилу тощо. Завдяки тому, що за рахунок встановлення регульованих жалюзійних заслінок підвищується ефективність та якість додаткового видалення легких та дрібних домішок у вихідному каналі доочищення зернових та олійних культур, також відбувається розділення зернової суміші на 5 фракцій: дрібні відходи, подрібнене і дрібне зерно, очищене зерно, крупні домішки, легкі домішки.

За умов зміни швидкості та напрямку руху повітряного потоку у вивідному каналі сепаратора на удосконалених жалюзійних заслінках відбувається інтенсифікація та розпушування і відповідно зміна товщини шару зернового матеріалу. В наслідок даного явища спостерігається підвищення інтенсивності додаткового видалення легких та дрібних домішок з фракції повноцінного зерна на 17%, а загальний технологічний ефект сепарації підвищується на 15 – 25%. При цьому, жалюзійні заслінки які встановлені у вихідному лотку для очищеного зерна регулюються під різним кутом, що забезпечує зміну швидкості та напрямку повітряного потоку, який проходить через вихідну зернову масу в залежності від виду насіння сільськогосподарської культури яка обробляється на сепараторі.

Дослідженнями [5-6] доведено ефективність та якість виконання даного технологічного процесу. Подальше збільшення валових зборів зерна в господарствах, вимагає від науки подальших розробок з інтенсивних процесів післязбиральної обробки зерна, як основи ефективності його вирощування.

Перелік використаних джерел:

1. Адамчук В.В. Концепція перспективи комплексного вирішення проблеми післязбиральної обробки і зберігання зерна в сільськогосподарських підприємствах України / В.В. Адамчук, А.Н. Прилуцький, А.С. Заришняк, С.П. Степаненко // Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвід. темат. наук. зб. - Глеваха, - 2014.- Вип. 99. Т. 1 - С.40-56.
2. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (сепарація, сушіння, активне вентилявання, охолодження): монографія / Б. І. Котов, Р. А. Калініченко, С. П. Степаненко, В. О. Швидя, В. О. Лісецький. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М., 2017. 552 с.
3. Степаненко С.П. Аналіз розвитку конструкцій пневмосепаруючих систем сепараторів / С.П. Степаненко, В.О. Швидя, І.С. Попадюк // Механізація та електрифікація сільського господарства: [Загальнодержавний збірник]. – 2017. - Вип. №5 (104). / [ННЦ“ІМЕСГ”]. – Глеваха, 2017. – С.132-142.
4. Сепаратор зерна пневмовідцентровий: Пат. № 119186 Україна (UA), МПК (2006.01) B07B 1/28. ННЦ“ІМЕСГ НААН. - № u 2017 041129, заявл. 25.04.2017. Опубл. 11.09.2017, Бюл. № 17.
5. Степаненко С.П. Дослідження закономірностей руху компонентів зернового матеріалу під час пневмогравітаційного фракціонування у вертикальному каналі / С.П. Степаненко, Котов Б.І. // Механізація та електрифікація сільського господарства: [Загальнодержавний збірник]. – 2018. - Вип. №7 (106). / [ННЦ“ІМЕСГ”]. – Глеваха, 2018. – С.82-89.
6. Степаненко С.П. Механіко-технологічне обґрунтування процесів і обладнання безрешітного фракціонування зернових матеріалів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: 05.05.11 / С. П. Степаненко. – Глеваха, 2021. – 50 с.

С. П. Степаненко, к. т. н., с.н.с., В.О. Швидя, к. т. н.  
 Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації  
 сільського господарства»

## ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЕНЕРГООЩАДНОЇ СУШАРКИ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Постійне зростання цін на енергоносії вимагає від виробників сільськогосподарської техніки енергоощадних машин, особливо це стосується сушарок зерна, на які припадає близько 30%-35% усіх витрат на виробництво зерна. Тому підвищення теплової ефективності сушарок є важливою науково-технічною задачею.

Більшість досліджень було спрямовано на зменшення втрат тепла на металоконструкцією сушарки шляхом її теплоізоляції, використання тепла від охолодження зерна, поступового нагріву зерна, зміною вертикальної швидкості руху зернового стовпа для досягнення ізотермічного режиму сушіння [1-2]. Проте, дані технічні та технологічні рішення не повністю вирішують проблему енергоефективності сушарок зерна, а у більшості випадках призводять до значного ускладнення конструкції.

Метою даної роботи було обґрунтування технологічної схеми енергоощадної сушарки для подальшого збільшення її теплової ефективності з мінімальними ускладненнями у конструкції.

Проводились дослідження шахти сушарки зерна шахти сушарки ЗШ-8000 в одному з дослідних господарств Київської області. У ході досліджень шахта сушарки розділялась на три рівня по висоті: верхній, середній та нижній (рис. 1 б). На кожному рівні вимірювалась температура зерна та температура відпрацьованого сушильного агенту, що виходив із сушарки.

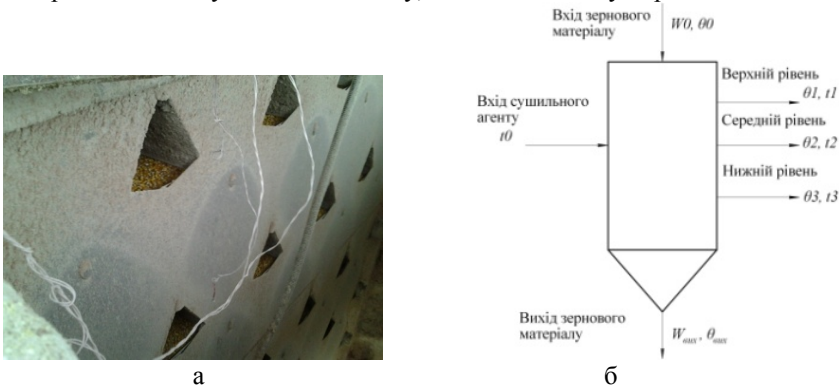


Рис. 1 Загальний вигляд вимірювання температури відпрацьованого сушильного агенту (а) та схема замірів шахти сушарки ЗШ-8000 (б)

Результати вимірювань представлені у таблиці.

Таблиця Характеристики зерна та агента сушіння по рівнях

Рівень	Температура зерна, °С	Температура агента сушіння, °С
Верхній	35,2	35
Середній	40,2	40
Нижній	45,3	45

Результати вимірювань, що показані у таблиці, свідчать про втрати тепла сушаркою з агентом сушіння (температура сушильного агента перевищує температуру навколишнього середовища на 30-40 °С).

Для утилізації теплових втрат сушарки, використовуючи попередній досвід з підвищення енергоефективності сушарок була розроблена технологічна схема енергоощадного процесу сушіння (рис. 2).

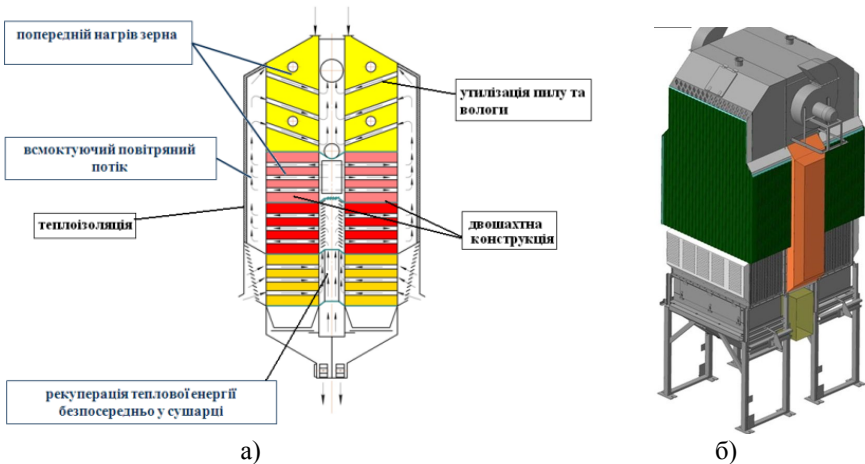


Рис. 2 Технологічна схема енергоощадної сушарки зерна (а) та 3-D модель енергоощадної сушарки зерна (б)

Технологічна схема передбачає попереднє нагрівання зерна тепловою енергією від охолодження зернової маси, яка висушилась, на повторний підігрів нею змішану з теплоносієм, отриманим від теплогенератора зернової суміші у першій (верхній) зоні сушіння при температурі нижчій температури теплоносія, отриманого від теплогенератора; у другу зону сушіння направляти теплоносієм з більшою температурою, а в надсушильному бункері проводити підігрів зернової суміші контактним способом за рахунок передачі тепла від конденсації вологи через тонкі стінки повітропроводів.

Для руху агента сушіння потрібно використовувати всмоктуючий повітряний потік, що сприяє зменшенню парціального тиску водяної пари у середовищі, що оточує зерновий матеріал [3].

Відпрацьований вологий агент сушіння з зерновим пилом від секції нагрівання рекуперованим теплоносієм та нагрівання зерна теплоносієм від теплогенератора не викидається у зовнішнє середовищу, а утилізується у ромбічних трубах, що розміщені у надсушильному бункері, де відбувається конденсація вологи, а також осадження пилу — це дає можливість викидати на ззовні охолоджене і очищене повітря [4, 5]. Зовнішні стінки сушарки та повітропроводи, що подають агент сушіння до секцій нагрівання зерна теплоізолювані. Жалюзійні повітророзподільні короба повинні бути виготовлені з матеріалу, що має низьку теплопровідність і унеможливує контактний нагрів зерна. Наявність двох сушильних шахт дає можливість забезпечити прямоточний, послідовний та рециркуляційний (для зернового матеріалу високої вологості) режим сушіння.

Дані технічні та технологічні рішення дають можливість підвищити коефіцієнт використання теплової енергії на 30-35% у порівнянні з існуючими.

Таким чином, представлена технологічна схема енергоощадної сушарки використовує всмоктуючий повітряний потік, теплоізоляцію конструкції та забезпечує рекуперацію теплової енергії безпосередньо у шахті та додатковий підігрів зерна у надсушильному бункері з утилізацією вологи та пилу, що дає можливість підвищити коефіцієнт використання теплової енергії на 30-35% у порівнянні з існуючими.

Перелік використаних джерел:

1. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (сепарація, сушіння, активне вентилявання, охолодження) / Б. І. Котов, С. П. Степаненко, В. О. Швидя [та ін.]. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2017. 552 с.
2. Котов Б.І., Степаненко С. П., Швидя В.О. Наближений метод розрахунку кінетики сушіння сільськогосподарських матеріалів у нерухомому шарі активним вентиляванням Техніка, енергетика, транспорт АПК: Всеукраїнський науково-технічний журнал. – 2016. – Вип.1(93). / [ВНАУ]. – Вінниця, 2016. – С.48-51.
3. Швидя В.О., Анеляк М.М., Степаненко С.П. Обґрунтування використання всмоктуючого повітряного потоку при сушінні зерна. Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодержавний зб. 2017. Вип. № 6 (105). С. 81–86.
4. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Solomka O.V., Popyk P.S., Shvidia V.O., Stepanenko S.P. (2019). Experimental studies of drying conditions of grain crops with high moisture content in low-pressure environment. INMATEH. Agricultural Engineering. Bucharest. 57(1). 141-146.
5. Котов Б.І., Калініченко Р.А., Степаненко С.П., Швидя В.О., Математична модель процесу сушіння з перехресним рухом зерна і сушильного агента при його секційному вводі. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка”. Випуск 199. – Харків: ХНТУСГ. – 2019. – С. 75-83.



О.М. Сукач, к.т.н., Р.С. Шевчук, д.с.-г.н., В.В. Шевчук к.т.н.  
Львівський національний аграрний університет

## ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ОПЕРАЦІЙ АПК

Для підвищення ефективності роботи агрокомпаній, автоматизації виробничих операцій, формування звітності про виконання робіт, необхідно виключити людський фактор, пов'язаний з нераціональним використанням техніки та матеріальних ресурсів. З цією метою використовують супутникові системи моніторингу, що надають наступні функціональні можливості:

- контроль та облік витрат палива з високою точністю;
- визначення поточного місцезнаходження техніки;
- облік кількості рейсів, пройденого шляху, напрацювання техніки в мотогодинах, робочого часу водія;
- контроль за дотриманням технологічної швидкості агрегатів;
- планування полів, збір інформації для складання паспорта поля, визначення точних меж полів, вимірювання площі угідь, картування врожайності, контроль та облік обробітку полів.

Одним із важливих аспектів функціонування супутникових систем моніторингу є контроль за витратою пального [1]. На сьогодні найбільш оптимальною за точністю та вартістю вважається технологія, що базується на використанні GPS терміналів та датчиків рівня палива емнісного типу [2].

Для встановлення системи контролю палива на техніку необхідне коректне калібрування датчика та тарування паливного бака. З цією метою було розроблено спеціальний стенд (рис. 1).

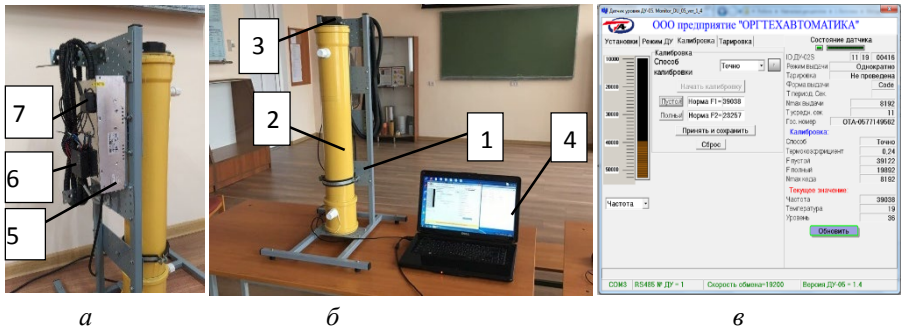
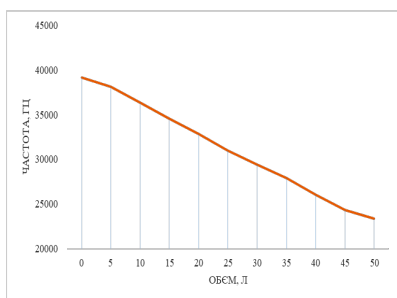


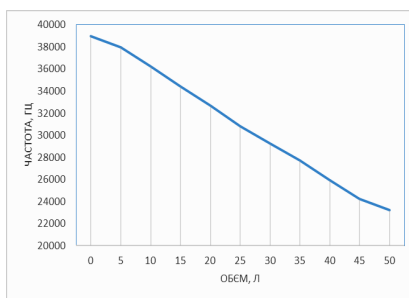
Рис. 1. Стенд для калібрування і тарування датчика рівня палива (*а* – загальний вигляд; *б* – фрагмент калібрування; *в* – налаштування): 1 – каркас; 2 – накопичувальна емність; 3 – датчик ДУ-05; 4 – персональний комп’ютер з програмним забезпеченням; 5 – джерело постійного струму 12В; 6 – GPS/GSM-термінал; 7 – зовнішня GPS-антена

Тарування ємності (бака) проводять за допомогою програмного конфігуратора Monitor DU 05 ver. 1.4 з використанням палива та в умовах, в яких датчик буде експлуатуватися. Спочатку ємність заповнюють паливом до появи зміни частоти вивідного сигналу й встановлюють нульову точку. Після цього доливають мірні порції по 5 - 10 літрів й фіксують наступний номер контрольної точки та відповідну їй частоту сигналу. Результати тарування зберігаються автоматично у пам'яті датчика та в табличному вигляді текстового протоколу й можуть бути використані для відображення поточного рівня палива програмними сервісами.

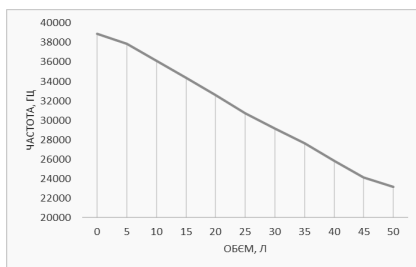
Дослідження проводилося для марок дизельного палива (рис. 2): Pulls Diesel (0°C); Pulls Diesel (30°C); Pulls Diesel Arctica (0°C). Отримано результати випробувань датчика рівня палива, проведено його калібрування й тарування відносно геометричних параметрів ємності для зберігання. Для палива Pulls Diesel (0°C) діапазон частоти сигналу знаходився в межах 39081-23339 Гц, а для Pulls Diesel (30°C) діапазон вимірювань частоти перебуває в межах 38978-23236 Гц.



*a*



*б*



*в*

Рис. 2. Залежності зміни частоти інформаційного сигналу відносно об'єму заповнення паливом: *a* - Pulls Diesel (0°C); *б* - Pulls Diesel (20°C); *в* - Pulls Diesel Arctica (0°C)

Паливо Pulls Diesel Arctica (0°C) відображає діапазон вимірювань частоти в межах 38876-23134 Гц. Верхня межа заповнення датчика рівня за умови використання палива Pulls Diesel (0°C) становить 39081 Гц, тоді як для палива Pulls Diesel Arctica (0°C) – 38876 Гц. З огляду на результати випробувань покази датчика рівня палива можуть різнитись лише на 0,5%.

Після калібрування і випробування датчика рівня палива його повторно тарують в паливному баку об'єкта моніторингу та встановлюють GPS термінал й зовнішню супутникову антену з підсилювачем. Дане обладнання приймає, опрацьовує та передає дані від супутникових систем: географічні координати, дані від інших датчиків, ідентифікаторів причіпного обладнання, метеостанцій, тощо. Значний масив даних, отриманий від безлічі сенсорів в режимі реального часу, передається по захищеному каналу GSM мережі й за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення візуалізується користувачу у текстовому або графічному вигляді (рис. 3).

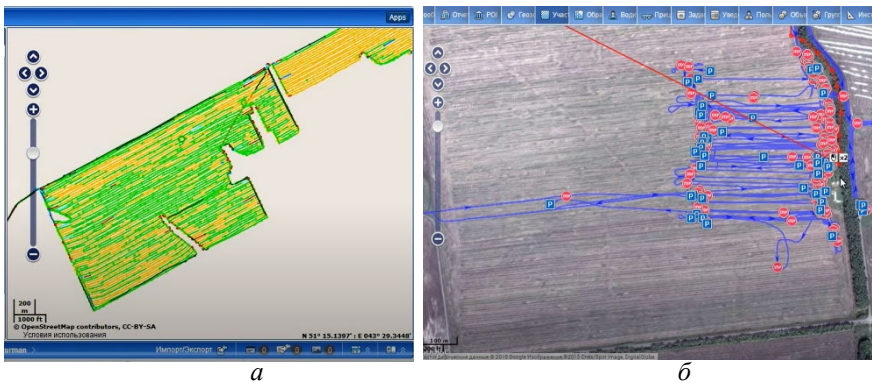


Рис. 3. Формування звітів про виконану роботу МТА у веб-платформі «Агроконтроль»: *а* – швидкість руху під час культивуації; *б* – параметри руху під час збору врожаю

Використання програмно-апаратних комплексів для систем супутникового моніторингу забезпечує належний контроль за проведенням виробничих операцій, автоматизує збір даних та формування звітності про виконання робіт й використання матеріальних ресурсів підприємства.

Перелік використаних джерел:

1. Olishevych M., Kovalyshyn S., Magats M., Shevchuk V., Sukach O. The optimization of trucks fleet schedule in view of their interaction and restrictions of the European agreement of work of crews. *Transport Problems: an International Scientific Journal*. 2020 Vol. 15 Issue 2. P. 157-170.
2. Teltonika vehicle telematics URL: <https://teltonika-gps.com/en/products/>. (дата звернення: 16.10.2020 р.)

І.Є. Цизь, к.т.н., С.М. Хомич, к.т.н., В.В. Сацюк к.т.н.  
Луцький національний технічний університет

## АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПРІСНОВОДНИХ ОЗЕР

Світові запаси прісної води складають 2,5 % загального світового запасу води. І з них лише 0,013 % - у водних ресурсах. І саме озерні водойми найбільш доступні джерела чистої води для господарських потреб.

Статистичні дані свідчать, що Україна за запасами прісної води, які припадають на одну людину, посідає одне з останніх місць у Європі. Тому для нашої держави важливою є проблема боротьби з евтрофією озер, оскільки гідросфера єдина і в подальшому процесі забруднення можуть поширитись на ґрунтові води, та підземні води.

За даними Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (1982) евтрофікацією визначено «надмірне збагачення поживними речовинами води, що призводить до стимулювання сукупності небажаних симптоматичних змін, серед яких небажане розмноження водоростей та інших водних макрофітів, погіршення якості води, проблеми зі смаком та запахом та загибель риби. Кожна з цих змін істотно заважає використанню людьми водних ресурсів» [3].

Процес евтрофії тісно пов'язаний із накопиченням органічних речовин в озерах. Озера з чистою прозорою водою та низьким розвитком органічних форм життя – це оліготрофні водойми. Але на теперішній час в Україні значно поширенішими є озера з багатим поживним середовищем для їх рослинних і тваринних мешканців – це евтрофні озера. Останньою стадією евтрофікації є так звані „мертві” озера, тобто озера які перетворились або перебувають на шляху перетворення в болото [1, 2].

У будь-якому озері відбувається накопичення органічних речовин. Оскільки відмерлі водорості постачають у воду озера азот та фосфор які і є поживним середовищем для нового покоління водоростей. Прогресуючий характер даних процесів спричинює невідворотне перетворення оліготрофних водойм у евтрофні [1, 2].

Таким чином постає питання у відшуканні шляхів вирішення наявної проблеми. У світовій практиці відоме широке коло способів відновлення прісноводних озер. У аналітичному дослідженні L. Kimberly (2016) запропоновано способи відновлення озер розділити на три групи: 1 – біологічна і екологічна інженерія; 2 – фізична інженерія; 3 – хімічна дія [3].

До біологічної та екологічної інженерії відносять: біоманіпуляцію (випас водоростей великим зоопланктоном, напр. Дафнією); плавуче оздоровлення болотних угідь, яке передбачає використання таких первинних

механізмів видалення поживних речовин, як мікробна трансформація та поглинання, асиміляція макрофітів, поглинання в органічні та неорганічні субстратні матеріали, випаровування; видалення макрофітів.

Фізична інженерія включає: гіполімнетичне видалення (видалення води насиченої поживними речовинами); розведення та промивання (додавання води із низьким вмістом поживних речовин); аерацію та оксигенізацію гіполімнетичних шарів води (насичення киснем найглибших і найхолодніших шарів води в озері); штучна циркуляція (альтернативна циркуляція використовується для запобігання або усунення термічного розшарування; днопоглиблення та видалення осаду (забезпечує контроль як водоростей, так і макрофітів, а також може обмежувати внутрішнє завантаження поживних речовин, виключаючи збагачений шар осаду або відкладення, забруднені токсичними речовинами).

Хімічна дія: інактивація та ізоляція фосфору (внутрішнє надходження фосфору є важливим джерелом, яке може затримати відновлення якості озера і може контролюватися додаванням солей алюмінію у товщу води); окислення осаду (окислення осаду за рахунок посиленої денітрифікації призводить до поліпшення комплексоутворення із залізом); використання альгіцидів (зазвичай використовується в попередніх системах санації озер та водосховищах, що страждають від біомаси водоростей, додавання сульфату міді та інших алгіцидів не часто практикується через значні шкідливі аспекти).

Також у даному дослідженні наведені конкретні приклади реалізації кожного із описаних способів відновлення озер та економічні затрати пов'язані із цим [3]. З аналізу наведених у дослідженні [3] матеріалів можна зробити висновок, що у світовій практиці відновлення прісноводних озер шляхом днопоглиблювальних робіт та видалення осаду не набуло поширення. Основним стримуючим фактором у цьому плані є висока вартість виконуваних робіт.

Проте у ряді країн ведуться успішні дослідження, які дозволяють забезпечити відновлення прісноводних озер саме способом днопоглиблення завдяки отриманню додаткового економічного ефекту від використання добутих донних відкладів. Ці дослідження були започатковані у другій половині 20-го сторіччя. На сьогоднішній час над даною проблемою активно працюють науковці Білорусії, Латвії, Литви, України, РФ, Болгарії [4-11].

У наведених сучасних дослідженнях більше уваги приділяється впливу сапропелю на родючість ґрунту загалом та зміну його агрофізичних властивостей зокрема [4, 7, 8, 9, 10], здатності мінімізувати процес міграції шкідливих елементів із ґрунту до рослин [5, 6], а також загальній оцінці покладів [11].

Таким чином не зважаючи на широке різноманіття способів відновлення прісноводних озер одним із найефективнішим лишається спосіб днопоглиблення та видалення відкладів. Проте досягти позитивних

економічних показників для даного способу можна у випадку науково обґрунтованого використання добутих осадів у сільськогосподарському виробництві. Найбільший ефект у даному випадку досягається за наявності у озері осаду у вигляді органічного сапропелю.

#### Перелік використаних джерел

1. Шевчук М.Й. Сапропелі України: запаси якості та перспективи використання / М.Й. Шевчук. – Луцьк: Надстир'я, 1996. – 383с.
2. Лопотко М.З. Озера и сапропель / М.З. Лопотко; под ред. И.И. Лиштвана. – Мн.: Наука и техника, 1978 – 88с.
3. Lewtas Kimberly, et al. Manitoba Prairie Lakes: In-Lake Remediation Treatment Summary. International Institute for Sustainable Development (IISD), 2016. Режим доступу: [www.jstor.org/stable/resrep14759](http://www.jstor.org/stable/resrep14759). Accessed 9 Apr. 2021.
4. Baksienė E., Asakavičiūtė R., Romanovskaja D., Tripolskaja L., Razukas A. The influence of lake sediments on sandy loam soil properties and crop yield / Romanian agricultural research, No. 32, 2015.
5. Stankevica, K., Burlakovs, J., Klavins, M. Organic rich freshwater sediments (sapropel) as potential soil amendment for recultivation of areas contaminated with heavy metals. GeoConference on Water Re-sources, Forest, Marine and Ocean Ecosystems. 2013. PP. 595-601.
6. Stankevica K., Vincevica-Gaile Z., Klavins M. Influence of sapropel (gyttja) on trifolium pratense seeds germination in presence of copper. SGEM 2014 GeoConference Proceedings on Soils, Forest Ecosystems, Marine & Ocean Ecosystems, 2, 175-182
7. Stankevica K., Vincevica-Gaile Z., Klavins M. Freshwater sapropel (gyttja): Its description, properties and opportunities of use in contemporary agriculture. Agronomy Research, 2016, 14(3), 929-947
8. Koutev V., Hiebaum G., Sinaj S. Investigations on the fertilizing capacity of bottom sediments from eutrophicated lake / Nutrient and carbon cycling in sustainable plant-soil systems. Sustainable organic waste management for enviromental protection and food safety. PP. 105-108.
9. Baksienė E., Razukas A., Romanovskaja D. The application of sediments for the improvement of sandy loam soil properties. Journal of Food, Agriculture and Environment, 2011, Issue 2, Vol. 9 pp. 601-606.
10. E. Bakšienė, A. Ciūnys. Dreging of lake and application sapropel for improvement of light soil properties. Journal of Environment Engineering and Landscape Management, 2012, 20 (2), 97-103.
11. Žvironaitė, J.; Ciūnys, A.; Gerdžiūnas, P. 2002. Ežerų valymo produkto – sapropelio panaudojimo galimybių tyrimai, Aplinkos inžinerija 10(4): 168–175

О. О. Чайка, аспірант, Н. О. Толстушко, к.т.н., М. М. Толстушко, к.т.н.  
Луцький національний технічний університет

## **КЛАСИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ РОБОТИ ПІДБИРАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЛЬОНОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН**

Льонарство – традиційна і важлива галузь сільського господарства України, особливо для Поліської зони. Актуальним завданням льонарської галузі є поліпшення якості та підвищення продуктивності підбирання стеблової стрічки льону з поверхні льоновища льонозбиральними машинами на підставі удосконалення конструкції підбиральних апаратів льонозбиральних машин та системному обґрунтуванню параметрів і режимів роботи їх робочих органів завдяки розкриттю явища підбирання стеблової стрічки льону [1-5].

У механізованих технологіях збирання льону передбачено операції підбирання стеблової стрічки з поверхні льоновища, які можуть виконуватись різними льонозбиральними машинами: підбирачами-молотарками, підбирачами-обчісувачами, обертачами, підбирачами, прес-підбирачами, підбирачами-порцієутворювачами, розпушувачами, підбирачами-гребенеутворювачами, підбирачами-шатроутворювачами, підбирачами-конусоутворювачами, подвоювачами та іншими. Причому льонозбиральні машини, які взаємодіють зі стебловою стрічкою, можуть бути: простими, комбінованими та універсальними; однорядними, дворядними і багаторядними; самохідними, причіпними, навісними і напівнавісними; з фронтальним, заднім і боковим розташуванням основних робочих органів [1-5].

Для підбирання стрічки стебел льонозбиральні машини обладнані підбиральними апаратами (пристроями). Під дією робочих органів підбиральних апаратів стеблова стрічка відривається від поверхні льоновища, піднімається та подається до наступних робочих органів машин.

За функціональним призначенням підбиральні апарати льонозбиральних машин можуть виконувати одночасно декілька операцій зі стебловою стрічкою льону. Поєднуватись, зокрема, можуть операції розпушування, ущільнювання, підрівнювання, обертання стеблової стрічки льону.

Підбиральні апарати на льонозбиральній техніці мають забезпечувати виконання агротехнічних вимог щодо чистоти підбирання стебел зі стрічок, пошкодження стебел, збільшення відносної розтягнутості стебел у стрічці, перекосу стебел у стрічці та інших [1-5]. Складно виконувати ці вимоги під час погіршення погодних умов, зміни характеристик льоновища та розстеленої на його поверхні стеблової стрічки льону, а також під час впливу інших факторів. Саме від роботи підбиральних апаратів у значній мірі залежить якість

виконання наступних технологічних операцій льонозбиральних машин, а в підсумку – якість готової продукції. Процеси підбирання стеблової стрічки льону системно проаналізовано для різних способів збирання льону.

Розроблено загальну класифікацію підбиральних апаратів льонозбиральних машин. За конструктивним виконанням відомими є грабельні, транспортерні, барабанні та комбіновані підбиральні апарати.

Грабельні підбиральні апарати бувають з жорстким закріпленням пальців або з підпружиненими пальцями. Недоліком таких апаратів є значні забруднення льоносировини та її втрати під час роботи машин на нерівній поверхні льоновища внаслідок взаємодії пальців з ґрунтом і їх відхилення назад. Тут складно забезпечити необхідну довговічність пальців підбирального апарата.

Транспортерні підбиральні апарати бувають пасово-пальцьові та ланцюгово-пальцьові. Під час роботи таких апаратів стеблова стрічка льону підбирається пальцями, які встановлені на спеціальних транспортерах. Ці апарати характеризуються відносно високою енергомісткістю процесів підбирання стеблових стрічок.

Барабанні підбиральні апарати можуть бути кулісними, кулачковими, планетарними, безпальцьовими, а також з пальцями, які не ховаються. А пальці тут можуть бути жорсткими, підпружиненими і пружинними. Такі апарати є найбільш поширеними, але складними в експлуатації.

Комбіновані підбиральні апарати льонозбиральних машин можуть бути барабанно-грабельні, барабанно-транспортерні, дисково-барабанні, транспортерно-грабельні.

У роботі проаналізовано конструкції та роботу різноманітних підбиральних апаратів льонозбиральних машин, виявлено їх основні недоліки та наведено напрямки їх удосконалення.

#### Перелік використаних джерел

1. Толстушко Н. О., Хайліс Г. А., Толстушко М. М. Рулонні прес-підбирачі : монографія. Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2018. 164 с.
2. Шейченко В. О., Хайліс Г. А. Теорія і розрахунок апаратів для підбирання та обертання : монографія. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М.М., 2014. 240 с.
3. Хайліс Г. А. Теория льноуборочных машин. Москва: Росинформагротех, 2011. 322 с.
4. Дідух В. Ф., Ковалишин С. Й., Дударев І. М., Тараймович І. В. Технології вирощування, збирання та переробки льону-довгунця: навч. посіб. Львів : ЛНАУ, 2013. 324 с.
5. Трофимов М. А. Повышение качества подбора лент льна путем модернизации подбирающего аппарата: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Костромская государственная сельскохозяйственная академия. Кострома, 2006. 156 с.



В.О. Швидя, к.т.н., О.О. Коновал

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

## **ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ КОНСТРУКЦІЙНО-РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА ВАКУУМНОЇ СУШАРКИ НАСІННЯ**

При сушінні насіння для видалення зайвої вологи використовують його нагрів за допомогою сушильного агента, який і вбирає частину вологи. Даний спосіб не виключає повного чи часткового перегріву насіння, що призводить до руйнування його білкових структур і зниження посівних властивостей. Для зниження негативного впливу температури при сушінні деякі дослідники пропонують застосовувати вакуум у сушильній камері [1-2]. Оскільки всередині сушильної камери знижується тиск, передача тепла насінню конвекцією стає неефективною, більш доцільним стає контактено-радіаційний спосіб, при якому нагріта поверхня сушильної камери частково передає тепло за рахунок теплопередачі, частково за рахунок випромінювання. Для реалізації даного режиму теплопередачі було запропоновано використовувати сушильний барабан циліндричної форми [3]. Проте, при контактено-радіаційній теплопередачі насіння у сушильному барабані нагрівається нерівномірно, що також призводить до нерівномірного сушіння. Тому у процесу сушіння необхідне його перемішування.

Метою даної роботи було теоретичне обґрунтування основних конструкційно-режимних параметрів сушильного барабана для ефективного перемішування насіння.

Для постійного переміщення нижніх шарів насіння вгору, а верхніх шарів вниз та збільшення коефіцієнту використання робочого об'єму сушильного барабану необхідно застосовувати лопатки прямокутного перерізу, які приєднані до його внутрішньої поверхні вздовж твірних та радіально. Якщо лопатки будуть приєднані під кутом до твірної внутрішньої поверхні сушильного барабану, то тоді при його обертанні насіння буде рухатись вздовж лопатки, що призведе до накопичення насінневої маси у однієї з торцевих поверхонь, внаслідок чого перемішування матеріалу погіршиться. Необхідно щоб обсяг насіння, який притискається до поверхні лопаті був максимальним. Цим умовам задовольняє прямокутний переріз лопаті, при криволінійному перерізі кут  $\alpha$  нахилу поверхні лопаті до радіусу сушильного барабана буде відрізнятися від 0, що зменшить кількість насіння пропорційно збільшенню кута  $\alpha$ . Якщо прямокутний переріз лопатки нахилений під кутом  $\alpha$  до радіусу сушильного барабану, то тоді зменшується центральний кут  $\beta$ , при якому зсипається насіння з поверхні сушильного барабану, що зменшує корисний робочий об'єм.

Для вакуумного сушіння, де конвекцією можна знехтувати, необхідно прослідкувати, щоб критерій рухливості  $I_p$  був мінімальним. Згідно [4] критерій рухливості можна представити як відношення тривалості падіння частинок з лопатей сушарки  $\tau_{пад}$  до тривалості їх відносного спокою (руху разом з лопатками)  $\tau_{спок}$ :

$$I_p = \frac{\tau_{пад}}{\tau_{спок}} \quad (1)$$

Оскільки всередині сушильного барабану створюється вакуум, то опором повітря можна знехтувати, тоді  $\tau_{пад}$  розраховується, як час вільного падіння насіння по висоті  $H$  (див. рис.).

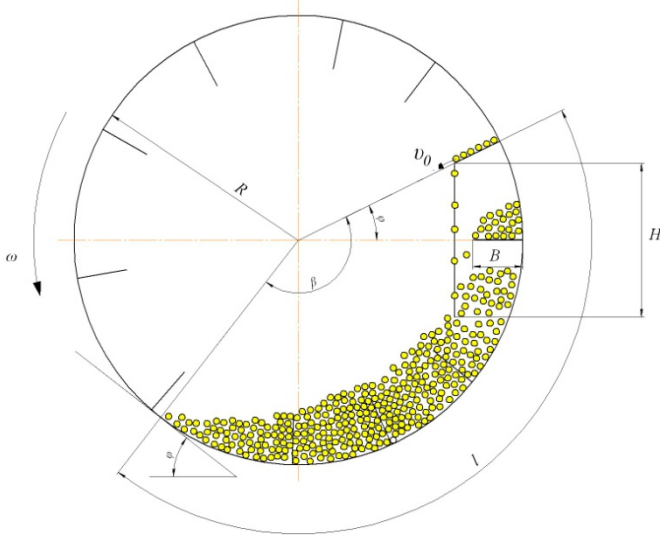


Рис. Схема до визначення критерія рухомості  $I_p$

Так як час ковзання насінини зі стану спокою до краю лопатки при її нахилі до горизонту, що перевищує кут тертя насінини об матеріал внутрішньої поверхні сушильного барабану  $\varphi$  незначний, то можна вважати, що падіння насінини починається з нульовою початковою швидкістю  $v_0$  та відбувається по прямій.

Тривалість відносного спокою насінини  $\tau_{спок}$  можна розрахувати, як час обертання лопаток по довжині дуги  $l$ , тобто відношення центрального кута  $\beta$  до кутової швидкості обертання сушильного барабану  $\omega$ . Визначивши  $\tau_{пад}$  і  $\tau_{спок}$  через  $H$ ,  $\beta$ ,  $\omega$  та розкриваючи їх значення, перепишемо формулу (1):

$$I_p = \frac{\pi \cdot n}{15 \cdot (\frac{\pi}{2} + 2 \cdot \varphi)} \sqrt{\frac{(R-B) \cdot \sin \varphi}{g}} \quad (2)$$

де  $n$  — частота обертання сушильного барабану, об/хв;

$R$  — радіус сушильного барабану, м;

$B$  — висота лопатки, м;

$g$  — прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Аналіз формули (2) показує, що зменшенням частоти обертання сушильного барабану  $n$  та його радіусу  $R$  можна забезпечити мінімальне значення  $I_p$ . Між тим, при зменшенні радіусу сушильного барабана  $R$  зменшується відстань між сусідніми лопатками. Відстань між лопатками визначається також їх кількістю  $N$  у сушильному барабані. Для раціонального використання простору сушильного барабана необхідно збільшити зону зсіпання насіння з лопатки, що розташована вертикально. Виходячи із цієї умови, необхідна кількість лопаток:

$$N = \left\lfloor \frac{\pi}{2 \cdot \varphi} + 2 \right\rfloor. \quad (3)$$

Оскільки відстань між сусідніми лопатками не може бути меншою величини  $\mu B$ , де  $\mu$  — коефіцієнт тертя насіння об стінки сушильної камери. Тоді радіус сушильної камери повинен задовольняти умову:

$$R > \frac{\mu \cdot B \cdot 180^\circ}{\pi \cdot \varphi}. \quad (4)$$

Довжина сушильного барабана визначає продуктивність вакуумної сушарки.

Таким чином, сушильний барабан вакуумної сушарки насіння повинен мати циліндричну форму з лопатками прямокутного перерізу, які приєднані до його внутрішньої поверхні вздовж твірних та радіально. Радіус сушильного барабану повинен перевищувати величину  $\frac{\mu \cdot B \cdot 180^\circ}{\pi \cdot \varphi}$ , а кількість лопаток повинна бути рівна величині  $\left\lfloor \frac{\pi}{2 \cdot \varphi} + 2 \right\rfloor$ . У процесі сушильний барабан потрібно обертати із мінімально можливою кутовою швидкістю.

Перелік використаних джерел:

1. Теоретичне обґрунтування використання контактного нагріву для сушіння насіння у вакуумі. / В. О. Швидя // Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. – Глеваха. – 2019- Вип. № 10 (109) - С. 67-74.
2. Обґрунтування форми перерізу вакуумної сушильної камери з контактним нагрівом зерна / В.О. Швидя, С. П. Степаненко, М. М. Анеляк // Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. – Глеваха. – 2018- Вип. № 7 (106) - С. 73-81.
3. О возможности снижения энергозатрат в установках контактного типа для сушки зерна / В. И. Курдюмов, А. А. Павлушин, Г. В. Карпенко, С. А. Сутягин. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 11 (85). С. 101–106.
4. Механическое обезвоживание и термическая сушка высоковлажных кормов / М.М. Севернев, К.Ф. Терпиловский, В.В. Майонов; Под ред. М.М. Севернева. — Москва, 1980. — 149 с.

В.В. Шевчук, к.т.н., О.М. Сукач, к.т.н., Ю.І. Габрієль  
Львівський національний аграрний університет

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СІВАЛКОЮ

Посівні агрегати – це високопродуктивні комплекси, які відзначаються високими стандартами технологічної ефективності, продуктивності та якості виготовлення [1]. Використання посівних комплексів забезпечує значне скорочення термінів посіву культур. До основних тенденцій удосконалення таких агрегатів є, насамперед, підготовка та вирівнювання ґрунту, формування насінневого ложа та його ущільнення, прикочування посів, внесення добрив в межах однієї технологічної операції. Наступними напрямками удосконалення є рівномірність та точність висіву, а також підвищення робочої швидкості [2].

Однчасне забезпечення великої кількості агротехнологічних вимог веде до необхідності застосування складних технологічно-конструктивних систем під час розробки сільськогосподарської техніки (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд посівного комплексу HORSCH Pronto DC

Значна кількість інтегрованих взаємопов'язаних систем вимагає знань принципів їх функціонування, налаштування й технічного обслуговування. З цією метою було запроєктовано та виготовлено навчальний стенд (рис. 2) для вивчення будови, налаштування й діагностики електронної системи управління сівалкою. Основною перевагою використання навчального стенда є компактність та зручність розташування основних елементів електронної системи управління, а його використання не потребує значної кількості затрат часу й ресурсів, застосування додаткового обладнання й техніки (трактора для агрегування та ін.). Оператори можуть у зручний час вивчати програмне меню, встановлювати задані норми висіву, способи налаштування та калібрування основних сенсорів та виконавчих механізмів.

Налагодження коректної роботи сівалки полягає у підготовці її механічної частини, гідравлічної й пневматичної систем, системи

електронного управління та програмних налаштувань. Повний контроль за роботою усіх систем сівалки здійснює робочий комп'ютер E-Manager Midi 4, тоді як відображення даних та зміна конфігурації налаштувань проводиться за допомогою цифрового терміналу 5 з програмним інтерфейсом.

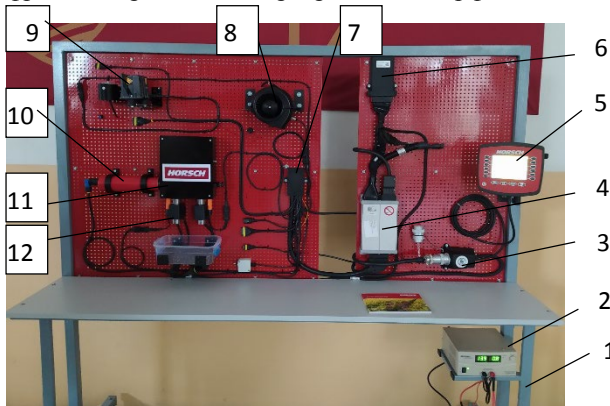
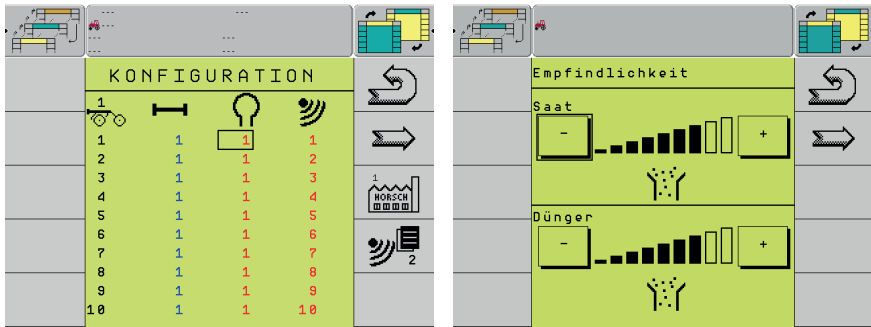


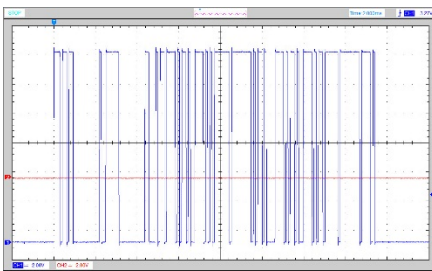
Рис. 2. Навчальний стенд на базі електрокомпонентів сівалки серії Pronto DC (HORSCH): 1 – монтажна рама; 2 – блок живлення (0...24 В); 3 – монтажний комплект ISOBUS з подовженим кабелем; 4 - робочий комп'ютер E-Manager Midi 3.0; 5 - сумісний з ISOBUS термінал; 6 – модуль контролю висіву; 7 - монтажний комплект DrillManager ISOBUS з подовженим кабелем; 8 – нагнітач повітря; 9 – радіолокаційний радар швидкості; 10 – електропривод котушки дозатора; 11 – корпус дозатора 11 – система контролю висіву

Робоча ширина посіву комплексів серії Pronto DC [1] коливається в межах 3...12 м, а кількість сошників – 20...60. До кожного сошника підведено насіннепровід, який з'єднується з розподільником через сенсор контролю висіву, при чому їх кількість відповідає кількості сошників. Такий спосіб монтажу дозволяє автоматично здійснювати контроль за рівномірністю подачі посівного матеріалу. Після визначення контурів міжрядь посіву, враховуючи відключені сошники для формування технологічних колій, встановлюють кількість задіяних сенсорів. Як правило, вони ідентифікуються автоматично, а зміни вносяться лише тоді, коли кількість сошників і датчиків не збігається, або при виході з ладу сенсора, чи його некоректної роботи.

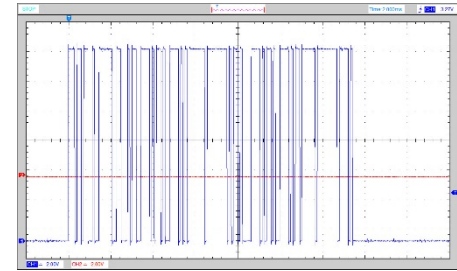
Для визначення справності ланцюгів живлення, електричних та електронних систем сівалки, можна використовувати цифрові мультиметри, тоді як для якісної діагностики сенсорів контролю висіву, радарних сенсорів швидкості, сенсорів частоти обертання вентилятора та дозатора необхідно застосовувати осцилографи. За характером осцилограми інформаційного сигналу можна отримати достовірні дані про справність та коректність роботи вказаних сенсорів (рис. 3).



a)



б)



в)

Рис 3. Налаштування та калібрування оптичного сенсора контролю висіву та заповнення бункера: а) – програмні налаштування меж чутливості сенсорів контролю висіву; б) – форма осцилограми інформаційного сигналу за наявності потоку насіння; в) – форма осцилограми інформаційного сигналу за відсутності потоку насіння

Аналізуючи осцилограми можна припустити, що сенсори використовують UART протокол передачі даних. Тобто, в нашому випадку контакт 2 роз'єму сенсора контролю висіву є приймачем (RX), а контакт 3 є передавачем (TX) цифрового сигналу. Використання такого протоколу передачі даних дозволяє розташувати велику кількість сенсорів на одній лінії передачі даних та може виявляти із якого сенсора вона отримує сигнал.

Перелік використаних джерел:

1. HORSCH Pronto DC. URL: <https://www.horsch.com/ru/produkty/mashiny-dlja-poseva/diskovye-posevnye-kompleksy/pronto-dc>. (дата звернення: 04.03.2021р.).
2. Сало В. Лузан Л. Напрями вдосконалення технічного забезпечення новітніх технологій прямої сівби зернових культур. *Техніка і технології АПК*. 2014. № 9. С. 14-17.

Р.С. Шевчук, д.с.-г.н. Росії, С.В. Мягкота, д.ф.-м.н., О.М. Сукач, к.т.н.  
Львівський національний аграрний університет

## **ПРЕС З ПІДВИЩЕНИМ ВИХОДОМ ОЛІЇ**

Шнекові преси набули широкого використання завдяки безперервності процесу відтискання олії [1]. Умовам малої переробки, зокрема малим фермерським господарствам і присадибним господарствам населення, які вирощують олійні культури, найбільше відповідають шнекові преси, які переробляють за годину 30–50 кг олійної сировини – насіння або ж макухи. Ці преси також можуть успішно використовуватись в технологічних лініях, адаптованих до широкого варіювання потреби виробництва олії, де необхідний обсяг виробництва пропорційний числу пресів, які працюють одночасно.

Шнекові олійні преси, розроблені у Львівському національному аграрному університеті [2–4] і широко апробовані [5, 6], належать до конструкцій з двоопорним базуванням шнека. Завдяки цьому розроблені преси відзначаються високим робочим ресурсом, стабільними режимом роботи і продуктивністю впродовж усього терміну використання. Однак преси характеризуються зниженим виходом олії через відсутність відведення відтисненої олії із зони найвищого тиску в робочому циліндрі, збіжної з його різьбовою частиною, де встановлена запірна частина преса. Олія із зони найвищого тиску не відводиться, а виходить з робочого циліндра разом з макухою, тобто втрачається, й вихід олії знижується.

Мета роботи – створення такого преса, в якому шляхом відведення відтисненої олії із зони найвищого тиску в робочому циліндрі, й досягається підвищення виходу олії.

Прес з підвищеним виходом олії містить корпус із встановленим на ньому електромеханічним приводом у вигляді електричного мотор-редуктора, з'єднаного через муфту з ведучим валом, змонтованим в опорах обертання корпусу преса. До корпусу однією різьбовою стороною прикріплений фіксований контргайкою робочий циліндр 1 (рис.), по боковій поверхні якого виконані радіальні отвори 2 для відведення відтисненої олії, а вздовж твірних його внутрішньої поверхні прорізані рифлі 3. На робочому циліндрі 1 встановлений уловлювач олії у вигляді розташованої навколо цього циліндра оболонки для спрямування потоку відтисненої олії у накопичувальну місткість. На іншій різьбовій частині робочого циліндра 1 виконаний розтруб із меншою запірною 4 і більшою напрямною 5 конусними поверхнями. На торці різьбової частини робочого циліндра 1, протилежному до розтруба, виконана кільцева проточка 6 із закритим кільцевим дном. Внутрішня бокова циліндрична поверхня кільцевої проточки 6 однакового діаметра із зовнішньою поверхнею робочого циліндра 1. По цій поверхні проточки





різбовий регулювальний упор 17, якщо торець антифрикційної втулки 18 підведений до шнека 19.

Після встановлення необхідного зазору, за якого досягається високий вихід олії, вмикається живлення електричного мотор-редуктора преса, і крутний момент через муфту передається ведучому валу та з'єднаному з ним шнеку 19. В завантажувальний бункер засипається олійна сировина, звідки вона надходить і подається шнеком 19 в робочий циліндр 1, де поступово переміщається вздовж його рифлів 3 і стискається. Відтиснена олія перетікає до внутрішньої поверхні робочого циліндра 1, потрапляє у виконані в ньому радіальні отвори 2 і відводиться в уловлювач олії. Крім цього, із зони найвищого тиску в робочому циліндрі 1, збіжній з його різбовою частиною, де встановлена запірня частина преса, відтиснена олія потрапляє у виконані додаткові радіальні отвори 7, звідки надходить у кільцеву проточку 6. По конусній поверхні цієї проточки відтиснена олія також потрапляє в уловлювач, а далі – у накопичувальну місткість. Відведення олії із зони найвищого тиску в робочому циліндрі 1 й підвищує вихід олії.

Стиснута макуха з робочого циліндра 1 та його рифлів 3 поступово виходить суцільним потоком через суцільну кругову конусну щілину між меншою запірною конусною поверхнею 4 і запірним конусом 12. Потік макухи направляється більшою конусною поверхнею 5 до дугових вікон відведення макухи, виконаних у насадці 10, а також до подільників макухи 15, що закріплені на радіальних елементах підтримуючих ребер 13. Подільники 15 у формі двогранного клина розділяють суцільний потік макухи, яка по їх гранях ковзає до дугових вікон насадки 10 і відводиться з преса.

Таким чином, внаслідок відведення відтисненої олії із зони найвищого тиску в робочому циліндрі преса й підвищується вихід олії.

Перелік використаних джерел:

1. Дацишин О.В., Гудзенко М.М. Порівняльна оцінка олієвіджимних пресів Науковий вісник Національного аграрного університету. 2007. Вип. 117. С. 324–333.
2. Шевчук Р.С., Василькевич В.О., Томьок В.В., Базиляк Л.Я. Шнековый маслоотжимной пресс. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2009. № 10. С. 11–12.
3. Шевчук Р.С. Малогабаритный шнековый олійний прес. Техніка і технології АПК. 2015. №10(73). С. 16–19.
4. Шевчук Р.С., Шевчук В.В., Сукач О.М., Паславский В.Р. Комплекс машин для производства растительного масла. MOTROL: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin, 2017. Vol. 19. №4. P. 18–24.
5. Комплекс машин для виробництва рослинної олії. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=cTPAg2CmZ5c>. (дата звернення: 10.12.2020 р.).
6. Шнековый олійний прес для підприємств громадського харчування. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=HjDju5HWdxE>. (дата звернення: 10.12.2020р.).

В.О. Шейченко<sup>1</sup>, д.т.н., В.В. Шевчук<sup>2</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup> Полтавський державний аграрний університет

<sup>2</sup> Уманський національний університет садівництва

## **ВИКОРИСТАННЯ СТРІЧКОВИХ НАКОПИЧУВАЧІВ ЗА УМОВ ЗБИРАННЯ УСЬОГО БІОЛОГІЧНОГО ВРОЖАЮ КОНОПЕЛЬ**

За результатами багаторічних досліджень і спостережень валкоутворення за умов роботи жнивних машин запропоновано формувати валок коноплестебельної маси на стрічку і волочити її разом з валком до краю поля, на якому здійснюються збиральні роботи. За таких умов, зрізані стебла укладають у вигляді безперервного валка на стрічку, яку попередньо під нього (валок) розстелено. Останню розстеляють одночасно з процесом формування валка або попередньо вздовж гону.

У процесі завантаження стрічка може бути нерухомою щодо ґрунту або ковзати по стерні разом з коноплестебельною масою, що надходить на неї. Слід зазначити, що в разі ковзання стрічки по стерні зі швидкістю меншою швидкості руху жнивarki, відбувається надзвичайно важливе з точки зору процесу валкоутворення явище збільшення маси погонного метра валка внаслідок зменшення його довжини. Реалізація цього явища має велике практичне значення особливо в разі формування валків із заздалегідь заданою масою стебел на одному погонному метрі.

Так завдяки регулюванню швидкості руху стрічки щодо рухомої валкової жнивarki, можна в широких межах плавно змінювати масу одного погонного метра валка, який формується не тільки на стрічці, а й на стерні. Відмітимо, що це можна здійснювати за незмінної ширини робочого захвату жнивного агрегату.

Сформований на стрічці валок можна транспортувати (волочити) разом зі стрічкою уздовж гону (не обов'язково прямолінійного) до місця обмолоту або вивантаження коноплестебельної маси. Це означає, що стрічковий накопичувач можливо застосовувати як спеціальний вид безколісного транспортного засобу для переміщення валка коноплестебельної маси і т.п. матеріалів в межах поля.

За умов формування на стрічковому накопичувачі валка коноплестебельної маси з повністю дозрілим насінням пріоритет доцільно надавати саме цьому направленню.

Після відділення насіння стеблова маса володіє значним потенціалом щодо подальшого перероблення.

Валок можливо сформувати на стрічці за умов скошування дозрілої коноплестебельної маси. Тоді реалізується сценарій використання її на волокно та збирання листостебельної маси. Надалі можна уявити, що стрічку з боку її завантаження згортають у рулон, поступово підтягуючи разом з

валком і перевантажуючи коноплестебельну масу з стрічки в нерухомий комплекс машин.

В залежності від технології переробки (волокно, насіння, листостебельна маса, стебла для трести) комплекс формується напівстаціонарними машинами, які можуть здійснювати обмолочування насіння, обрізання листя від стебел, формування стебел з метою їх подальшої переробки у тресту [1-3].

За такого способу формування валків увесь обсяг коноплестебельної маси зосереджується по кінцях гону на незначній частині поля. Надалі ці валки можуть бути або обмолочено комбайнами звичайними або згаданим вище способом [4, 5].

За результатами проведених досліджень запропоновано спосіб формування валка коноплестебельної маси на стрічку і волочіння її разом з валком до краю поля, що уможливорює суттєве підвищення ефективності механізованих процесів збирання і подальшого перероблення усього біологічного врожаю конопель, льону та інших культур.

Запропоновано спосіб формування на стерні валків із заданою масою стебел на одному погонному метрі.

Суть способу полягає в тому, що скошену коноплестебельну масу укладають у вигляді валка на стрічку, яку відпускають зі швидкістю меншою швидкості руху жнивного агрегату. Завдяки цьому уможливується накопичення на незначній частині поля по кінцях гону усього обсягу врожаю коноплестебельної маси.

Розроблено сукупність змістів основних варіантів (розгалужень) систем технологій збирання усього біологічного врожаю коноплестебельної маси на стрічкові накопичувачі, якими враховано технічні, технологічні та економічні передумови реалізації основних технологічних операцій, властивих відповідним технологіям.

#### Перелік використаних джерел

1. Маринченко, І.О., Мохер, Ю.В., Лайко, І.М., Жуплатова, Л.М., Вировець, В.Г., Міщенко, С.В., Філоник, І.О. (2021). Довідник конопляра. Суми: Еллада.
2. Гілязетдінов, Р.Н. (2009). Розвиток наукових основ створення інноваційних технологій первинної переробки лубяних культур (дис. докт. техн. наук). Херсонський національний технічний університет, Херсон.
3. Sheichenko, V., Marynchenko, I., Shevchuk, V., & Zadosnaia, N. (2019). Development of technology for the hemp stalks preparation. Modern development paths of agricultural production: Trends and innovations (pp. 223-232).
4. Small, E., Marcus, D. Hemp: A new crop with new uses for North America, Trends in new crops and new uses (2002). *ASHS Press*, pp. 284-325.
5. Westerhuis, W. (2016). Hemp for textiles: plant size matters. PhD thesis, University. Promotor(en): Paul Struik, co-promotor(en): Tjeerd-Jan Stomph; Jan van Dam. Wageningen: Wageningen University. ISBN 9789462577879. 234 p.

С.М. Юхимчук, аспірант, С.Ф. Юхимчук, к.т.н., М.М. Толстушко, к.т.н.  
Луцький національний технічний університет

## УМОВА ЗАТИСКАННЯ СТЕБЕЛ ЛЬОНУ МІЖ БРАЛЬНИМ ПАСОМ І БРАЛЬНОЮ ПЛАСТИНОЮ

Запропонований льонобральний апарат [1] містить раму і встановлені на ній подільники, бральний пас і бральні пластини, до яких при роботі притискаються стебла. Поверхні брального пасу і бральних пластин мають хвилевидну форму. Це дає краще затискання стебел у бральних рівчаках, а також попереджує їх прокручування при переміщенні брального пасу. Поверхня брального пасу шорстка, а бральних пластин – гладенька, тому при бранні стебла в бральних рівчаках переміщуються разом з пасом ковзаючи по бральних пластинках.

Затискання стебел між профільними поверхнями брального пасу і бральної пластини проходить по складній закономірності внаслідок огинання стеблами профільних виступів. Це характерний випадок тертя гнучких тіл (за гнучке тіло приймаєм стебла).

Для розгляду цього явища розглянемо рис., на якому зображене гнучке тіло 1 (стебла), яке рухається між двома тілами з викривленими поверхнями.

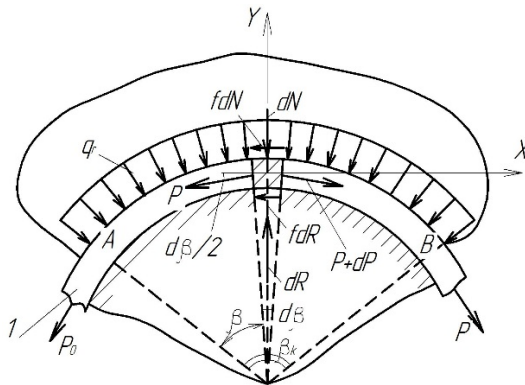


Рис. Схема до визначення сил тертя між профільними виступами брального пасу і бральної пластини та затиснутими ними стеблами

Виділимо на дузі  $AB$ , по якій поверхні затискають стебло, елемент гнучкого тіла (заштрихований). На цей елемент, якому відповідає кут  $d\beta$ , діють такі сили (за умови статичного розрахунку: сила натягу  $P$ , яка рівна силі брання; сила натягу  $P + dP$ , яка діє в напрямку руху; сила реакції нижньої

поверхні  $dR$ ; сила  $dN$  додаткового тиску верхньої поверхні на елемент гнучкого тіла; сили тертя  $fdR$  і  $fdN$  (тут  $f$  – коефіцієнт тертя). Кут  $\beta_k$  - кут контакту стебла з виступом.

Зважаючи на малі швидкості руху гнучкого тіла сили інерції не враховуються. Маса гнучкого тіла також не враховується. Вважаємо, що гнучке тіло не розтягується і не чинить опору згину.

Складемо суму проєкцій сил на осі  $x$  і  $y$  з врахуванням  $\cos d\beta/2 \approx 1$  і  $\sin d\beta/2 \approx d\beta/2$  знайдемо

$$\frac{dP}{d\beta} - fP = 2f \frac{dN}{d\beta}. \quad (1)$$

Інтегруючи це рівняння при відомому законі розподілення (по дузі  $AB$ ) тиску верхньої поверхні на гнучке тіло, визначаємо залежність сили тертя від факторів, які впливають на неї.

Будемо вести розрахунок для верхніх стебел затиснутої стрічки, які легше витягнути через малий коефіцієнт тертя стебла льону по полірованій поверхні бральної пластини. Приймаємо, що інтенсивність навантаження  $q_r$  бральної пластини через стебла льону на бральний пас розподіляється рівномірно по дузі охоплення.

При рівномірному тиску  $dN = q_r r d\beta$  (тут  $r$  – радіус кривизни профільного виступу) рішенням рівняння (1) при  $P_0 = 0$  знаходимо силу тертя  $F$ , яка утримує стебла при спробі їх витягування з рівчака:

$$F = 2q_r r (e^{f\beta_k} - 1), \quad (2)$$

Якщо на 1 см рівчака вкладається біля  $1/d_c$  стебел (тут  $d_c$  – діаметр стебла), то нормальна сила, яка діє на одне стебло по довжині рівчака, буде рівною  $q d_c$  (тут  $q$  – інтенсивність навантаження вздовж рівчака). Нормальна сила  $q_r r$ , яка приходиться на 1 рад розглядуваного сектора обтискання, приблизно (при куті  $\beta \leq 100 \div 120^\circ$ ) рівна  $\frac{q_n d_c}{\beta_k (n-0,5)}$ . Тут  $n$  - кількість профільних виступів, для нашого випадку  $n = 3$ .

Використовуючи рівність (2) і враховуючи, що загальний кут контакту виступів із стеблами рівний  $\beta_k (n-0,5)$ , знаходимо

$$F \approx \frac{2q_n d_c}{\beta_k (n-0,5)} \left[ e^{f\beta_k (n-0,5)} - 1 \right].$$

Ця сила не повинна бути меншою сили  $P$ , необхідної для витягування стебла з ґрунту, інакше при бранні стебло буде витягнуте із брального рівчака. З врахуванням цього можна визначити інтенсивність навантаження між бральною пластинною і бральним пасом:

$$q_n \geq \frac{P\beta_k(n-0,5)}{2d_c \left[ e^{f\beta_k(n-0,5)} - 1 \right]}. \quad (3)$$

Наприклад, при  $P = 40$  Н,  $f = 0,5$ ,  $\beta_k = 90^0$ ,  $n = 3$ ,  $d_c = 0,15$  см  $q_n$  повинна бути не меншою 190 Н/см.

Із залежності (3) видно, що зменшення необхідної інтенсивності  $q_n$  і покращення затиску стебел досягається при збільшенні  $n$ ,  $\beta_k$  і  $f$ . Значно збільшувати кут  $\beta_k$  недоцільно, так як це може призвести до збільшення пошкодження стебел.

За формулою (3) можна визначити необхідне число  $n$  профільних виступів брального паса і бральної пластини при відомих значеннях  $P$ ,  $q_n$ ,  $\beta_k$ ,  $d_c$  і  $f$  або необхідного кута  $\beta_k$  при відомих:  $P$ ,  $q_n$ ,  $n$ ,  $d_c$  і  $f$ .

Перелік використаних джерел:

1. Пат. 10753А Україна, МКл А01D45/06. Льонобральний апарат / С.Ф. Юхимчук, Г.А. Хайліс (Україна) - № 95073257; Заявл. 11.07.95; Опубл. 25.12.96, Бюл. № 4.
2. Хайліс, Г.А. Теория льноуборочных машин / Г.А. Хайліс - М.: «Росинформагротех», 2011. – 322 с.: ил.

УДК 631.15/16:006.83

С.В. Ягелюк, д.т.н.

Луцький національний технічний університет

## **СЕРТИФІКАЦІЯ ЯК СКЛАДОВА ЕКОНОМІКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛУ**

На сьогодні якість агропромислової продукції формується під впливом багатьох факторів. В контексті міжнародних угод, звертається увага на можливість подальшої утилізації виробленої продукції, побічних продуктів, відходів. [1, 2] Виробництво агропромислової продукції неможливе без їх утворення.

Для сертифікації якості та безпечності продукції агропромислового комплексу потрібно чітко уявляти нормативні визначення щодо відходів та побічних продуктів виробництва. Згідно [3, 4] відходи – це речовини чи предмети, яких позбавляються або мусять позбавитися виробники агропромислової продукції. Поняття відходів конкретизується шляхом визначення фактів позбавлення, розмежування відходів від побічних продуктів або визначення закінчення ознаки відходів. [3] Факти позбавлення

мають вирішальне значення для питання, коли та як рухома річ стає вперше відходом, а саме відходом від продукту, тобто відходом, який виникає внаслідок споживання чи використання продукту, або виробничим відходом, тобто відходом, який виникає при виробництві агропромислової продукції [3, 4]. Предмет чи матеріал, який стає відходом, знову втрачає свою ознаку відходу коли він переданий на утилізацію, знищення або припиняється його цільове призначення (кінець ознаки відходів). В усіх випадках орієнтуються на об'єктивні обставини, не зважаючи на суб'єктивну волю власника. Виробник агропромислової продукції має позбавитися речовин, матеріалів чи предметів, якщо вони більше не можуть використовуватися та можуть загрожувати безпеці людини або навколишньому середовищу [5].

Побічний продукт агропромислового виробництва – матеріал, речовина чи предмет, що виникає в процесі виробництва, метою якого не є виготовлення цього матеріалу, речовини чи предмету. Вважається, що побічні продукти будуть використовуватися далі. Тобто матеріал, речовина чи предмет виробляються як інтегрована складова процесу агропромислового виробництва. Подальше використання забезпечується, якщо намір використання існує вже в процесі виробництва чи зберігання, наявний ринок та попит на всю кількість (договори продажу, позитивна вартість), проводиться контроль якості з огляду на ціль використання. Побічними продуктами, наприклад, можна вважати стеблову масу льону олійного під час виробництва насіння.

Ознака відходів матеріалу чи предмету закінчується, коли вони пройшли процес утилізації та використовуються для певних цілей, для них існує попит на ринку. Такі матеріали, речовини або предмети мусять відповідати всім діючим технічним та законодавчим вимогам і нормам. Для перетворення відходів у побічний продукт створюються рециклінгові технології. Рециклінг є будь – яким процесом, за допомогою якого відходи перетворюються на вироби, матеріали чи речовини для використання за попереднім цільовим призначенням, або для інших цілей.

Вище означені вимоги є необхідними для того, щоб виробник агропромислової продукції відповідав критеріям економіки замкнутого циклу. Для того, щоб відповідати вимогам, виробник агропромислової продукції зобов'язаний мінімізувати виникнення відходів (якісно та кількісно), якщо це неможливо, утилізувати або знищити відходи в нешкідливий спосіб. Це можливо за рахунок створення рециклінгових технологій збирання та первинної переробки сільськогосподарських культур. Наприклад, для льону олійного, льону–довгунця, коноплі, соняшнику, безвідходні технології дають можливість врахувати волокнистий потенціал стебла та отримати продукцію різного призначення. На основі вищесказаного можна стверджувати, що українська економіка замкнутого циклу залежить від комплексного використання всіх компонентів цих сільськогосподарських культур.

Перелік використаних джерел:

1. Угода про партнерство та співробітництво між Україною і Європейськими Співтовариствами та їх державами-членами від 14.09.1994 Ратиф. Законом України від 10.11.1994 № 237/94-ВР. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show>
2. Зелена книга. Про політику адаптації національного законодавства у сфері технічного регулювання та споживчої політики до європейських вимог. — К.: Держспоживстандарт України, 2006. — 80 с.
3. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 820–р. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820–2017–%D1%80> . (дата звернення: 12.05.2021)
4. Директива Ради N 1999/31/ЄС щодо полігонів захоронення відходів [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_925#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_925#Text)
5. Ковальчук С.Я. Лукіяненко Р.О. (2020) Циркулярні бізнес-моделі в агропродовольчій сфері. *Інфраструктура ринку*, 39, 284-290 <https://doi.org/10.32843/infrastruct39-47>



## ЗМІСТ

1. Д.С. Альбота. Роздільна технологія збирання льону олійного на Волині	3
2. Б.В. Болтянський, Л.О. Болтянська. Ефективність застосування теплонасосних установок в тваринництві	5
3. N.I. Boltianska, O.V. Boltianskyi. Prospects for nanotechnology in poultry farming	7
4. К.В. Борак, Д.С. Самчук, О.П. Олександрович, С.В. Козловець. Аналіз конструкції робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь	9
5. О.З. Бундза, В.Л. Мартинюк. Інтелектуальна техніка для знищення бур'янів	11
6. В.В. Буснюк. Обладнання для збирання льону олійного прямим комбайнуванням	14
7. Н.В. Васильчук. Експериментальне дослідження взаємодії стебел соняшнику із роторами жатки	17
8. В.О. Глоба, О.М. Ачкевич. Аналіз телескопічних навантажувачів для завантаження сінажу	20
9. М. В. Голотюк, О. П. Герасимчук. Аналіз підходів до визначення дотичної сили тяги	23
10. В.П. Горобей. Конструктивне удосконалення робочих органів і машин для селекційно-насінницької роботи	26
11. О. М. Грицака. Вплив параметрів на процес обмолоту і сепарації в молотильно-сепарувальному пристрої	33
12. В.А. Гусев, І.М. Дударев. Особливості сепарування зерна та насіння	36
13. О.О. Дереза, С.В. Дереза. Аналіз видів покриття підлоги в тваринницьких приміщеннях для утримання ВРХ	38
14. В.Ф. Дідух, Д.В. Тарасюк. Перспективи розвитку органічного землеробства	41
15. С. С. Добранський, І. О. Бучко, В. Г. Руденко. Підвищення зносостійкості і довговічності ґрунтообробних робочих органів	44
16. І.О. Дубовкіна, А.О. Мирончук. Використання новітніх методів в технологіях вирощування гідропонним способом	47
17. М.І. Дядюра, В.Ф. Дідух. Використання альтернативних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві	50
18. Д. П. Журавель, А. Б. Чебанов. Дослідження процесу вологопереносу насіння соняшника	53
19. Р.В. Кірчук, Л.Ю.Забродоцька. Енергоефективне сушіння сільськогосподарських рослинних матеріалів	56
20. А.С. Комар. Утилізація відходів птахівництва в Україні	62
21. Maroš Korenko, Miroslav Horský1, Eva Matušeková, Yuriy Gabriel. Analysis of oil filling contamination in installation of vibration dampers	65

22. С.В. Коробка, М.М. Толстушко, Н.О. Толстушко, І.Г. Стукалець. Обґрунтування структури додаткового нагрівального елемента низькотемпературного джерела теплоти для геліосушарки	68
23. А. І. Коробко, В. С. Шеїн. Визначення відбрації робочого місця трактора НАТТАТ А110	71
24. Е.В. Кужель, М.М. Рудинець, М.М. Скалига. Альтернативні джерела енергії як сучасний тренд біоенергетики в АПК	73
25. А. Я. Кузьмич. Порівняння ефективності способів збирання незернової частини урожаю кукурудзи	75
26. В. Л. Куликівський, В. І. Маркус. Вплив абразивного зношування на атмосферну корозію робочих органів ґрунтообробних машин	77
27. В.Л. Куликівський, Д.А. Климчук, А.А. Климчук, Б.В. Жека, І.П. Фещук. Зносостійкість поверхневого шару сталі 65Г після електрофізичних методів обробки	79
28. V. Matušek, Taras Shchur. Methods for determining the position of tractor 's centre of gravity	81
29. С.В. Міненко, І.Р. Кот, Б.В. Чорний. Стан технічної діагностики газорозподільного механізму двигуна	84
30. О.О. Налобіна, В.С. Пуць, П.П. Мелесь. Телескопічні навантажувачі в аграрному секторі України	87
31. В.О. Ольховський, І.М. Дударев. Зерновий сепаратор ножичного типу	90
32. В. К. Палічук М. В. Колотило, Д. Ю. Матвійчук, Є.А. Пасічник, С. С. Лясоцький, М. В. Марченко. Електропостачання автономних об'єктів сільського господарства	93
33. В.В. Паніна, Г.І. Дашивець. Оптимізація технологічного процесу ремонту культиватора	96
34. Р.І. Паславський. Метод обґрунтування машино тракторного агрегату з малогабаритної техніки	99
35. О.І. Подашевська, Н.Г. Серебрякова, Н.І. Болтянська. Вирішення питання оптимізації раціону сільськогосподарських тварин	101
36. В.М. Савченко, О. В. Степанчук, І. В. Павлов, О. В. Сутковий. Аналіз механізмів абразивного зношування	104
37. Л. Г. Савченко, О. О. Артемчук, М. В. Горпиняк. Генераторна установка як елемент системи електропостачання сільськогосподарських машин	107
38. Л. Г. Савченко, А. Баланський, Н. Романчук, Б. Ковальов, П. Макарчук. Моделювання надійності електроприводу	110
39. В.В. Сацюк, І.С. Цизь, С.М. Хомич Аналіз ринку техніки для АПВ	113
40. Л.П. Середа, Д.А. Ковальчук Розробка комбінованого ґрунтообробного пристрою для ресурсощадних технологій обробітку ґрунту	115
41. О.Г. Скляр, Р.В. Скляр Підготовка субстратів для збільшення ефективності метаногенерації	118

42. Р.В. Склад. Доцільність використання економіко-математичних моделей в сільському господарстві	121
43. С.П. Степаненко. Дослідження процесу аеродинамічного розділення насіння в гравітаційному зигзагоподібному сепараторі	124
44. С. П. Степаненко, О.О. Коновал. Обґрунтування конструкції технічного засобу для термічної обробки зернових матеріалів	127
45. С. П. Степаненко, І.С. Попадюк. Удосконалення вібропневмовідцентрового сепаратора для очищення зернових та олійних культур	130
46. С. П. Степаненко, В.О. Швидя. Обґрунтування технологічної схеми енергоощадної сушарки зернових матеріалів	133
47. О.М. Сукач, Р.С. Шевчук, В.В. Шевчук. Програмно-апаратні комплекси для забезпечення логістичних операцій АПК	136
48. І.Є. Цизь, С.М. Хомич, В.В. Сацюк. Аналіз способів відновлення прісноводних озер	139
49. О. О. Чайка, Н. О. Толстушко, М. М. Толстушко. Класифікація та аналіз роботи підбиральних апаратів льонозбиральних машин	142
50. В.О. Швидя, О.О. Коновал. Теоретичне обґрунтування основних конструкційно-режимних параметрів сушильного барабана вакуумної сушарки насіння	144
51. В.В. Шевчук, О.М. Сукач, Ю.І. Габрієль. Підвищення ефективності діагностики електронної системи управління сівалкою	147
52. Р.С. Шевчук, С.В. Мягкота, О.М. Сукач. Прес з підвищеним виходом олії	150
53. В.О. Шейченко, В.В. Шевчук. Використання стрічкових накопичувачів за умов збирання усього біологічного врожаю конопель	153
54. С.М. Юхимчук, С.Ф. Юхимчук, М.М. Толстушко. Умова затискання стебел льону між бральним пасом і бральною пластиною	155
55. С.В. Ягелюк. Сертифікація як складова економіки замкнутого циклу	157

ІНФОРМАЦІЙНЕ ВИДАННЯ

**VIII всеукраїнська  
науково-практична конференція  
„ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АПК”**

**Збірник тез доповідей**  
[Електронний ресурс]

20-21 травня 2021 р.

м. Луцьк

Комп’ютерне макетування – С.Ф. Юхимчук

Підписано до друку 22.05.2021 р., Формат 60×84/16.  
Гарнітура Times New Roman.  
Ум. друк. арк. 10,25.

Луцький національний технічний університет  
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75