



*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

*Львівський національний аграрний університет*

*Сумський національний аграрний університет*

*Лабораторія комплексних технологій*

# Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії



*Матеріали  
I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-  
конференції  
8-26 червня 2020 р.*

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
Львівський національний аграрний університет  
Сумський національний аграрний університет  
Лабораторія комплексних технологій

# **Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії**

*Матеріали  
I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-  
конференції  
8-26 червня 2020 р.*

Мелітополь  
2020

Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (Мелітополь, 08- 26 червня 2020 р.) / ТДАТУ: ред. кол. В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, І. П. Назаренко [та ін.]. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. 103 с.

У збірнику представлені матеріали всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції за результатами досліджень щодо сучасних проблем інноваційного розвитку електричної інженерії.

Збірник тез є частиною науково-дослідної теми Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного «Розробка енергоресурсозберігаючих електротехнологій і пристроїв підвищення продуктивності та якості сільськогосподарських біологічних об'єктів» (номер держреєстрації 0116U002722).

Матеріали призначені для наукових співробітників, викладачів, студентів й аспірантів вищих навчальних закладів, фахівців і керівників сільськогосподарських та переробних підприємств АПК різної організаційно-правової форми, працівників державного управління, освіти та місцевого самоврядування, всіх, кого цікавить інноваційний розвиток електричної інженерії.

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

**Редакційна колегія:** *Кюрчев В. М.* д.т.н., професор, член-кореспондент НААН України, ректор ТДАТУ; *Надикто В. Т.* д.т.н., професор, член-кореспондент НААН України, проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності ТДАТУ; *Назаренко І. П.* д.т.н., професор ТДАТУ; *Діордієв В. Т.* д.т.н., проф., академік МААО ТДАТУ; *Постол Ю. О.* к.т.н., доцент ТДАТУ; *Червінський Л. С.* к.т.н., професор НУБіП; *Яковлев В. Ф.* к.т.н., професор СНАУ; *Сиротюк С. В.* к.т.н., доцент ЛНАУ; *Кесарійський О. Г.* к.т.н., завідувач лабораторією лазерно-голографічних досліджень ТОВ «Лабораторія комплексних технологій».

*Адреси для листування:*

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

**E-mail: [ettp.conference@gmail.com](mailto:ettp.conference@gmail.com)**

**Сайт конференції: <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/internet-konferencia/>**

© Колектив авторів, 2020

© Таврійський державний агротехнологічний університету імені Дмитра Моторного, 2020

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ 1. РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ПЕРЕДАЧІ І ПЕРЕТВОРЕННІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ



КЛИМЧУК О. А., ЛУЖАНСЬКА Г. В. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТВЕРДИХ АКУМУЛЯТОРІВ ТЕПЛА ПРИ РОБОТІ ВІТРОУСТАНОВОК .....	6
КУШЛИК Р. В., КУШЛИК Р. Р., ВЛАСОЙ І. Д. ОБГРУНТУВАННЯ ДОВЖИНИ АКУСТИЧНОЇ ЄМНОСТІ ДЛЯ ОПРОМІНЕННЯ БІОДИЗЕЛЯ З НАФТОВИМ ПАЛЬНИМ .....	8
СТЬОПН Ю. О. ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБКА НАСІННЯ СОНЯШНИКА У ВИСОКОВОЛЬТНОМУ ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ .....	9
КУШЛИК Р. В., КУШЛИК Р. Р., РИЖЕНКО О. І. РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАННЯ ТАНГЕНСА КУТА ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВТРАТ В БІОПАЛЬНОМУ ОБРОБЛЕНОМУ НВЧ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ ХВИЛЯМИ .....	10
ДІДЕНКО О. В. ВИЗНАЧЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РИЦИНОВОЇ ОЛІЇ В ПРИ РІЗНОМУ ВМІСТУ ВОДИ .....	11
КУШЛИК Р. В., КУШЛИК Р. Р. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОБРОБКИ СУМШЕВОГО БІОПАЛЬНОГО В КАВІТАЦІЙНОМУ РЕЖИМІ .....	14
СИРОТЮК С. В., КОРОБКА С. В., СИРОТЮК В. М. ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ПОВІТРЯНОГО ГЕЛІОКОЛЕКТОРА.....	15
КУШЛИК Р. В., КУШЛИК Р. Р., СТРУКОВ В. С. ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ БІОПАЛЬНОГО ЗА ДОПОМОГОЮ УСТАНОВКИ «ТАНГЕНС-3М-3» .....	17
ЖУРАВЕЛЬ Д. П., ПЕТРЕНКО К. Г. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СУШІННЯ НАСІННЯ СОНЯШНИКА .....	18
ТРИГУБА А. М., ЧУБИК Р. В., КОВТИКА В. Р., ЯРОШЕНКО Л. В. ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ВІБРОСУШАРКИ ПЕРЕМІЖНОГО НАГРІВАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ....	22
STRUCHAIEV N., POSTOL Y. INCREASING THE EFFICIENCY OF HEAT ENERGY TRANSPORTATION .....	24
ЖУРАВЕЛЬ Д. П., ПЕТРЕНКО К. Г. ОЦІНКА БІОЛОГІЧНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАСІННЯ СОНЯШНИКА .....	26
СТРУЧАЄВ М. І., ПОСТОЛ Ю. О., ВЛАСОЙ І. Д. ТЕРМОСТАБІЛІЗАЦІЯ МЕДУ .....	29
СТЬОПН Ю. О. ЯКІСТЬ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	32
БУРЦЕВА С. О., ПОСТОЛ Ю. О. ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ .....	33
ПОПРЯДУХІН В. С. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ БІОТРОПНИХ ПАРАМЕТРІВ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЕМП ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ .....	35
КЕСАРІЙСЬКИЙ О. Г., ПОСТОЛ Ю. О. ЛАЗЕРНО-ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНИЙ КОНТРОЛЬ МЕТАЛОКОМПОЗИЦІЙНИХ З'ЄДНАНЬ .....	37
ДІОРДІЄВ В. Т., КАШКАРЬОВ А. О., САБО А. Г. ОХОЛОДЖЕННЯ КАРКАСНИХ ТЕПЛИЦЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОАЕРОЗОЛІВ .....	39

НАКАЛЮЖНИЙ Д. А., КУРАШКІН С. Ф. ЗАСТОСУВАННЯ LORAWAN ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ БОРОТЬБИ З НЕЗАКОННИМИ ВИРУБКАМИ ЛІСОСМУГ .....	41
КОВАЛЬОВ О. В., СІДЕЛЬНИКОВ Б. Ю. ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ ПРИВОДУ МОТОБЛОКА .....	43
КОВАЛЬОВ О. В., КОПОСОВ А. Д. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ МІНІ-ЕЛЕКТРОТРАКТОРА .....	45
КНЯЗЄВ І. В., БОРОХОВ І. В. ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РИСОВОЇ КРУПИ .....	47
ОРЕЛ О. М. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КВАРЦОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ НВЧ .....	50

## СЕКЦІЯ 2. ЕЛЕКТРО- ТА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЇ



ЧЕРВІНСЬКИЙ Л. С., СТОРОЖУК Л. О., ПАШКОВСЬКА Н. І. ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПТИЧНОГО МІКРОКЛІМАТУ В СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ .....	51
КЛИМЧУК О. А., МАХНО В. Г., ПОЛЯКОВ О. О., ЧЕФТЄЛОВ І. О., ПІЛЬТЯЄВА Ю. Ю. АКУМУЛЮВАННЯ ТЕПЛОТИ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ ТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ ...	53
ЛУЖАНСЬКА Г. В., СЕМЕНІЙ А. А., ЧАБАН В. Г., КЛИМЧУК І. О. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ТЕПЛОЛОКАЛІЗАЦІЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ .....	54
ЧЕРНЕЦЬКИЙ В. А., ПОСТОЛ Ю. О., СТРУЧАЄВ М. І. ПИТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ОСВІТЛЕННІ .....	56
КЛЕЦКО І. М., БОЛТЯНСЬКА Н. І. ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ – УНІВЕРСАЛЬНИЙ ВИД ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА.....	58
ЛИСЕНКО О. В., ДУБІНІНА С. В. ВИБІР МОДЕЛІ ВИПАДКОВОЇ СКЛАДОВОЇ ПРОЦЕСУ КОМБІНОВАНОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ .....	61
ТРИКОЗ В. О., ГАЛАВУРА М. М., ПОСТОЛ Ю. О., СТРУЧАЄВ М. І. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	63
ТИМОФЕЄВ С. О., ПОСТОЛ Ю. О. ПІДГОТОВКА КАДРІВ В ОБЛАСТІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	66
ГАЛАВУРА М. М., КУРАШКІН С. Ф. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ АСИНХРОННИХ І ВЕНТИЛЬНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ .....	68
ТРИКОЗ В. О., КУРАШКІН С. Ф. УТИЛІЗАЦІЯ І ПЕРЕРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП .....	71

### СЕКЦІЯ 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ І КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ



ЧЕРВІНСЬКИЙ Л. С., КНИЖКА Т. С., РОМАНЕНКО О. І. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ДОЗУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО БАКТЕРИЦИДНОГО ЗНЕЗАРАЖУВАЧА ВОДИ.....	73
ВОЛКОВА І. Д., ГУЛЕВСЬКИЙ В. Б. ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИРОРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ .....	75
БОРОХОВ І. В. ВИЯВЛЕННЯ МЕТАЛЕВО-МЕХАНІЧНИХ ДОМІШОК В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПОТОЦІ РИСУ .....	78
ВОВК О. Ю. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОВЗАННЯ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ІНДУКЦІЙНИМ МЕТОДОМ .....	80

### СЕКЦІЯ 4. ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ



СИРОТЮК Г. В., ЯНКОВСЬКА К. С. ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК КЛЮЧОВИЙ НАПРЯМ ЕКОНОМІЧНОГО ЗРОСТАННЯ. ....	82
СИРОТЮК В., СИРОТЮК С., КОРОБКА С., АВТОНІУК М., ФІТЬО Ю. РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ВОДОГРІЙНОЇ УСТАНОВКИ З КОНТРОЛЕРОМ НА БАЗІ АЛГОРИТМІВ FUZZY LOGIC .....	84
ІКОННІКОВ В. Л., НАЗАРЕНКО І. П. ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	86
ЛАКОСІНА А. О., КВІТКА С. О. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ.....	88
ІКОННІКОВ В. Л., НАЗАРЕНКО І. П. АКУМУЛЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМАХ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ .....	90
ТИМОФЄЄВ С. О., АБРАМЕНКО В. В., ПОСТНІКОВА М. В. ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	92
СТЬОПІН Ю. О. ЗБІЛЬШЕННЯ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИСТРОЇВ.....	94
ЛИСЕНКО О. В., АДАМОВА С. В. ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ БАЛАНСОВОЇ НАДІЙНОСТІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ З КОМБІНОВАНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ НА БАЗІ ВДЕ .....	95
НОСАНЬ С. В., ВОВК О. Ю. ПАЛИВНІ ЕЛЕМЕНТИ ЯК ДЖЕРЕЛО АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.....	97
ПОПОВА І. О., МІНКІН О. В. РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ ЗАХИСТ ВІД НЕСИМЕТРИЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА.....	99
ЖУРАВЕЛЬ Д. П., ПЕТРЕНКО К. Г. ОБГРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО СУШІННЯ НАСІННЯ СОНЯШНИКА.....	101

## СЕКЦІЯ 1. РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ПЕРЕДАЧІ І ПЕРЕТВОРЕННІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ



УДК 621.43.044.7:621.311.245

### ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТВЕРДИХ АКУМУЛЯТОРІВ ТЕПЛА ПРИ РОБОТІ ВІТРОУСТАНОВОК

**Климчук О. А., д.т.н., професор**

**e-mail:** aaklymchuk@gmail.com

**Лужанська Г. В., к.т.н., доцент**

**e-mail:** alina-odessa.1@ukr.net

*Одеський національний політехнічний університет*

**Актуальність та постановка проблеми.** Основна роль у збільшенні ефективності використання енергії належить сучасним енергозберігаючим технологіям. Одним з пріоритетних напрямків в галузі енергозбереження є використання акумульованого тепла. В результаті вирішуються такі важливі завдання, як узгодження режимів вироблення і споживання теплової енергії, розширення можливості використання відновлюваних і нетрадиційних джерел енергії.

Загальний вітроенергетичний потенціал Землі величезний: по ряду авторитетних експертних оцінок він становить близько 1200 ТВт. Україна володіє значними ресурсами вітрової енергії і завдяки своїм природно-кліматичним характеристикам може вийти на одне з провідних місць в світі по використанню енергії вітру. При використанні енергії вітру доцільне застосування акумуляторів тепла з твердими теплоакumuлюючими матеріалами. Кращі властивості для цих цілей має хромомангезит, який є вогнетривким матеріалом.

**Основні матеріали дослідження.** В якості акумулятора тепла використана наступна модель: хромомангезитовий блок розмірами 280x280x500 мм в якому знаходяться 4 канали розміром 90x90 мм, товщина акумулюючого шару - 25мм. Комп'ютерна програма SolidWorks, що дозволяє вирішувати задачі нестационарної теплопровідності чисельними методами, була використана для моделювання теплообміну в акумуляторі.

В процесі зарядки акумулятора важливим є розташування нагрівальних елементів в акумуляторі, так як воно впливає на товщину акумулюючого шару, швидкість зарядки, перепад температур по перетину насадки [1].

У дослідженні розглянуто кілька варіантів розташування нагрівачів: круглі ТЕНи в центрі каналу; плоскі нагрівальні елементи на стінках каналу по центру; плоскі нагрівальні елементи в кутах каналу.

Результати моделювання показують:

- середня температура акумулюючого матеріалу в кінці нагріву у всіх випадках практично однакова: 182 °С;

- температура центру насадки в першому випадку 119 °С, у другому - 87 °С, в третьому - 140 °С;

- різниця між максимальною і мінімальною температурами всередині насадки в кінці нагрівання 65 °С, 155 °С і 32 °С відповідно.

Отримано, що варіант розташування плоских нагрівальних елементів в кутах каналу найбільш ефективний з точки зору рівномірності розподілу температур по перетину, що веде до менших температурних напружень.

Розрядка акумулятора здійснюється пропусканням через канали повітря, що нагрівається. При цьому теплообмін між поверхнею насадки і повітрям здійснюється шляхом конвекції [2,3]. Інтенсифікувати процес теплообміну можна кількома способами. Перший спосіб - збільшення швидкості руху повітря, це веде до зростання втрат на подолання аеродинамічного опору, тому

при використанні є обмеженим. Другий - це збільшення поверхні теплообміну, реалізується даний спосіб використанням проміньосприймаючих вставок, при цьому частина тепла від акумулюючої насадки передається вставці випромінюванням, а вставка бере участь в конвективному теплообміні з повітрям як додаткова поверхня.

Найкраще відповідають цим вимогам плоскі вставки. Виконані дослідження показали, що при використанні хрестоподібної діагональної вставки прохідний перетин зменшується на 11,3% а поверхня теплообміну збільшується вже на 88,9%, при цьому аеродинамічний опір зросла в 3,2 рази. В цілому тепловий потік від стінок каналу до повітря збільшився вдвічі. При досягненні такого ж результату зміною швидкості, опір руху повітря зростав в 5 разів.

**Висновки.** На підставі виконаних досліджень зроблені висновки:

- розглянуті способи розташування нагрівачів в каналі суттєво не впливають на середню температуру насадки;
- кутове розташування нагрівачів є оптимальним з точки зору рівномірності нагріву;
- застосування плоских проміньосприймаючих вставок всередині повітряного каналу є оптимальним для інтенсифікації процесу розрядки акумулятора тепла стосовно вітроустановки.

#### **Список використаних джерел**

1. Климчук А. А., Шраменко А. Н. Методы интенсификации процессов разрядки в каналах аккумуляторов тепла на основе твердых материалов. *Вестник Национального технического университета ХПИ: сборник научных трудов*. Харьков. 2013. Вып. 13. С.136-140.
2. Левенберг В. Д., Ткач М. Р., Гольстрем В. А. Аккумуляирование тепла. Киев: Техника, 1991. 84 с.
3. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумуляирование энергии. Москва: Мир, 1987. 271 с.



УДК 662.756.3

## ОБГРУНТУВАННЯ ДОВЖИНИ АКУСТИЧНОЇ ЄМНОСТІ ДЛЯ ОПРОМІНЕННЯ БІОДИЗЕЛЯ З НАФТОВИМ ПАЛЬНИМ

**Кушлик Р. В., к.т.н., доцент****e-mail:** kushlykroman@ukr.net**Кушлик Р. Р., к.т.н., ст. викл.****e-mail:** ruslan.kushlyk@tsatu.edu.ua*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна***Власой І. Д.****e-mail:** izmagrotex@ua.fm*Ізмаїльський агротехнічний коледж, Ізмаїл, Одеська область*

**Постановка проблеми.** Ультразвук знайшов широке застосування для приготування однорідних сумішей (гомогенізації). Ще в 1927 році американські вчені Лімус і Вуд виявили, що якщо дві незмішувані рідини (наприклад, олію і воду) злити в одну мензурку і піддати опроміненню ультразвуком, то в мензурці утворюється емульсія, тобто дрібна зависль олії у воді. Подібні емульсії грають велику роль в промисловості: це лаки, фарби, фармацевтичні вироби, косметика. Ультразвук є діючим методом покращення фізичних, хімічних, теплотворних і експлуатаційних характеристик різних видів пального для автотракторної техніки. Вплив акустичних хвиль на біопаливо обумовлено ефектом кавітації, тобто виникненням в рідині пульсуючих бульбашок, заповнених газом. Після короткочасного існування частина бульбашок закривається, при цьому спостерігається локальне миттєве підвищення тиску і температури. Поєднання таких різномірних фізичних процесів, що впливають одночасно на оброблюване біопаливо, сприяє інтенсивній обробці і отриманню стійкої, однорідної дисперсної емульсії.

**Основні матеріали дослідження.** При змішуванні різних видів палив для живлення дизелів таких як дизельне пальне і біодизель, спостерігається так зване «розшарування» суміші через різну щільності її компонентів. В зв'язку з цим проводять акустичну дію на суміші для стримування ефекту «розшарування». З огляду на такі недоліки змішаного біопалива, як підвищена в'язкість необхідно оптимально використовувати ефект емульгування, який виникає при обробці суміші акустичними хвилями.

Однією з основних величин, що характеризує джерело ультразвукових хвиль є інтенсивність ультразвуку – це енергія хвилі, яка проходить в одиницю часу через одиночну площадку перпендикулярну розповсюдженню хвилі. По мірі розповсюдження хвилі в біопаливі ультразвук поглинається, тобто енергія переходить в інші види, наприклад в теплоту. Для створення кавітації в біопаливі енергія ультразвуку лежить в діапазоні від 1,0 до 5,0 Вт/см<sup>2</sup>. Так як в біопаливі можуть знаходитись повітряні бульбашки то коефіцієнт поглинання може досягати величини 1,0 дБ/см при енергії хвилі до 5,0 Вт/см<sup>2</sup>.

Зменшення енергії акустичних хвиль на початку і в кінці ємності розраховується за формулою:

$$l = \frac{10}{\alpha} \log \frac{W_1}{W_2}, \quad (1)$$

де  $l$  – довжина акустичної ємності, см;  $\alpha$  – коефіцієнт поглинання, дБ/см,

$W_1, W_2$  – енергія хвилі на початку та в кінці ємності, відповідно, Вт/см<sup>2</sup>.

**Висновки.** Згідно формули 1 довжина ємності для опромінення біодизеля з нафтовим паливом при  $\alpha=0,5$  дБ/см склала 14,0 сантиметрів.

УДК 631.53.027.3:633.854.78

## ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБКА НАСІННЯ СОНЯШНИКА У ВИСОКОВОЛЬТНОМУ ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ

Стьопін Ю. О., к.т.н., доцент

e-mail:stepin2605@gmail.com

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

**Актуальність та постановка проблеми.** Основною задачею збільшення врожайності сільськогосподарських культур стає підготовка насіння, наприклад, термічна обробка насіння перед посівом, покращення схожести, паростків, дезинфекція насіння тощо.

Метою дослідження є експериментальне підтвердження позитивного впливу електричного поля високовольтного постійного струму на швидкість та ступінь проростання насіння рослин. Найбільш ефективними із досягнутих результатів виявляються процеси прямого впливу електричної енергії, що зосереджується в електричному полі на матеріали, які оброблені без проміжних енергетичних перетворень і, відповідно, без додаткових втрат.

**Основні матеріали дослідження.** Для доказу позитивного впливу високовольтного електричного поля на зростання насіння культурних рослин була розроблена експериментальна установка, яка складається із плоскопаралельної електродної системи з верхнім електродом та електродним колектором, на поверхні якого знаходиться матеріал, що обробляється. Колектор підключений до джерела з високою постійною напругою (позитивною або негативною). Джерело живлення містить в собі автотрансформатор, високовольтний трансформатор з коефіцієнтом трансформації  $k = 45$ , випрямляч. Максимальна напруга електричного поля складає  $E_0 = 6,2$  кВ/см. Кількість насінин як у контрольних, так і у досліджувальних зразках склала 100 шт.

Насіння, підготовлені для досліджень, не піддавались хімічним та термічним впливам. Температура навколишнього середовища під час пророщення насіння не враховувалась. Обробка насіння проводилася з інтервалами: 5 хв, 10 хв, 15 хв, 20 хв. Збільшення терміну дії електричного поля на насіння не призвело до суттєвих змін у біологічній продуктивності рослин. Задля виключення можливості охолодження насінин під час експерименту ємність з ними була теплоізолювана. Температура зерна не перевищувала допустимі значення, при яких можна було спостерігати біологічне пошкодження кліткової структури насіння. Це експериментальне дослідження має велике практичне значення, оскільки впровадження нових технологій в умовах Запорізької області дозволяє прогнозувати вихід і покращувати якість культурних рослин. Проведені дослідження показали, що обробка електричним полем високої напруги позитивно впливає на швидкість і ступінь пророщення насіння соняшника.

**Висновки.** Така стимуляція матеріалу при температурі впливу до  $35$  °С дозволяє покращити біологічну активність насіння, не пошкоджуючи структуру продукту. Експерименти, які були проведені на полях кооперативу "Річкове 2003" Мелітопольського району, показали зростання не тільки швидкості пророщення, а і врожаю соняшнику від 8 до 12% (маса насіння однієї рослини у контрольних зразках у середньому складала 100 г, в дослідних зразках цей показник складав 108- 112 г в залежності від тривалості обробки в електричному полі). З цього робимо висновок, що електрична енергія високого струму стимулює пророщення насіння, а також збільшує врожайність рослин.

УДК 662.756.3

**РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАННЯ ТАНГЕНСА КУТА ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВТРАТ В БІОПАЛЬНОМУ ОБРОБЛЕНОМУ НВЧ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ ХВИЛЯМИ**

Кушлик Р. В., к.т.н., доцент  
Кушлик Р. Р., к.т.н., ст. викл.  
Риженко О. І., 41-ЕЕ

e-mail: kushlykroman@ukr.net  
e-mail: ruslan.kushlyk@tsatu.edu.ua

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

**Постановка проблеми.** Економіка України істотно залежить від імпорту енергоресурсів, тому розробка нових сучасних технологій і обладнання для одержання відновлювальних джерел енергії є дуже актуальним завданням. Одним із шляхів вирішення даної проблеми є застосування на транспорті сумішевих палив із метилового ефіру ріпакової олії (МЕРО) і дизельного пального (ДП).

Як показує практика, при зростанні частки МЕРО у ДП більше 7%, в'язкість біопального підвищується. Унаслідок цього відбувається коксування паливної апаратури, зниження потужності дизельного двигуна і зростання витрат ним пального. Обробка біопального НВЧ електромагнітними хвилями може покращити функціональні властивості біопального. Пошуки шляхів вирішення цієї задачі слід вважати актуальним напрямом наукових досліджень.

**Основні матеріали дослідження.** Нами були проведені експериментальні дослідження по обробці біопального НВЧ електромагнітними хвилями. Зразки сумішей готували із дизельного пального і МЕРО у процентному відношенні: 90% ДП + 10% МЕРО (суміш 1), 80% ДП + 20% МЕРО (суміш 2), 70% ДП + 30% МЕРО (суміш 3), 60% ДП + 40% МЕРО (суміш 4), 50% ДП + 50% МЕРО (суміш 5). Обробку сумішей проводили протягом 5, 10 і 15 хв на частоті 2,45 ГГц.

Встановлено, що вплив НВЧ електромагнітного поля на суміші дизельного пального з МЕРО протягом 5 хв дозволяє зменшити їх в'язкість у середньому на 5,6 %. Збільшення часу НВЧ обробки сумішевого пального до 10, 15 хвилин призвело до збільшення температури зразків, що суттєво вплинуло на погіршення кінцевої в'язкості. Так при обробці НВЧ електромагнітним полем приготовлених проб на протязі 10 хвилин кінцева в'язкість всіх проб зросла в середньому на 6,4 % по відношенню до оброблених проб на протязі 5 хвилин, а обробка приготовлених проб на протязі 15 хвилин призвела до зростання кінцевої в'язкості на 14,2% по відношенню до оброблених проб на протязі 5 хвилин.

На установці «Тангенс – 3М–3» було проведено вимірювання тангенса кута діелектричних втрат ( $\text{tg}\delta$ ) в ДП, МЕРО, контрольних необроблених сумішах і оброблених сумішах НВЧ ЕМП, який проводився в хімічній лабораторії Мелітопольських високовольтних електричних мереж.

Аналізуючи залежність тангенса кута діелектричних втрат від концентрації МЕРО в ДП до і після обробки НВЧ ЕМП можна відзначити, що із збільшенням МЕРО в ДП  $\text{tg}\delta$  в оброблених НВЧ ЕМП пробах зростає із 5,221 до 14,737. В зрівнянні із необробленими пробами  $\text{tg}\delta$  в оброблених сумішах НВЧ ЕМП зменшився, що свідчить про покращення чистоти і якості продукту.

**Висновки.** Вимірювання тангенса кута діелектричних втрат дає змогу експрес-методом визначати ефективність обробки біопального НВЧ електромагнітним полем та корегувати її в виробничих умовах.

УДК 665.335.5

## ВИЗНАЧЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РИЦИНОВОЇ ОЛІЇ В ПРИ РІЗНОМУ ВМІСТУ ВОДИ

Діденко О. В., аспірант

e-mail: sdidenko76@i.ua

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

**Актуальність та постановка проблеми.** У статті розглядається діелектричні властивості, такі як питомий опір рицинової олії з 0% та 1% вмістом води, при здійсненні процесу очищення рицинової олії в електричному полі. Впровадження цього методу дає можливість отримання олії високої якості зі знизженими показниками енерговитрат та часом процесу очищення рицинової олії, а визначення показників питомого опору рицинової олії при різному вмісту води є ключовим при виборі електродної системи флотаційної камери. Дається характеристика рицинової олії, сфера її застосування, методи отримання та очищення.

**Основні матеріали дослідження.** Олієвидобувна галузь України як і інша складна галузь народного господарства потребує пошуку нових ефективних способів видобутку та переробки рослинних олій, розробки методів та розрахунків машин та апаратів, впровадження комплексної автоматизації виробничих процесів, застосування яких зменшить енерговитрати та підвищить якість виробляемого продукту. В виробництві та переробці рослинної олії, як і в іншому складному виробництві хімічної або біологічної промисловості, виникають різноманітні явища, які відрізняються фізичною складовою та механізмом протікання. Механічні, теплові, дифузійні, хімічні та інші явища складають основу технологічних процесів виробництва рослинних олій [1]. Пошук та розробка нових способів та методів очищення рослинних олій тісно пов'язані з вивченням фізичних, хімічних, електричних властивостей дослідних рідин.

Одним з різновидів рослинної олії є рицинова олія або рицина. Більша половина насіння рицини складає олія. Вона містить 81 – 96 % гліцеридів рицинолевої кислоти, яку не виявлено в інших оліях [1]. Рицинова (рицина) олія належить до групи невисихаючих (з йодним числом 82 – 86), дуже в'язка, слабо розчиняється в бензині та інших органічних розчинниках, не застигає при низьких температурах (мінус 12 – 18 °С), спалахує при високих температурах (плюс 300 – 310 °С). Тому вона є неперевершеним за якістю мастильним матеріалом, особливо для авіаційних моторів і механізмів, що працюють у складних умовах півночі. Рицинову олію використовують у різних галузях промисловості, а також в медицині для виготовлення ліків, в лакофарбовій промисловості, кабельних покриттях, парфумерії, при виробництві пластмас, металообробці та поліграфічній промисловості [1]. Завдяки своїм діелектричним властивостям, таким як питомий опір, рицину застосовують в радіоелектроніці при виробництві конденсаторів, пропиті ізолюючого паперу та інших цілей.

Спосіб одержання олії з насіння рицини – це гаряче або холодне пресування. Гаряче пресування забезпечує більший вихід олії, проте якість її гірша, бо в олію з насіння потрапляють отруйні речовини - дуже токсичний білок рицин та алкалоїд меншої токсичності - рицинін. Така олія придатна тільки для технічних потреб.

Для отримання якісного продукту олія підлягає очищенню. Існуючі методи очищення, найбільш відомими з яких є такі як: очищення рідини за допомогою фільтрації через різні пористі перегородки; очищення рідини за допомогою силових полів [2,3]; очищення рідини за допомогою флотації [4], не можливо використати для такої олії як рицинова через велику в'язкість олії та через її діелектричні властивості, або є ресурсо- та енерговитратними.

Запропонований новий метод очищення рицинової олії в електричному полі багато електродних систем [5] дає можливість прискорити час процесу очищення та знизити енерговитрати. Головними умовами цього методу – це зниження діелектричних властивостей

рицини, таких як питомий опір рицинової олії. Це досягається за рахунок додавання до складу олії 1,5 – 2% води та підвищення температури рідини.

Додавання до рицинової олії води з метою гідратації фосфатидів значно погіршують її діелектричні властивості, що дає можливість проходженню електричного струму через рідину. При цьому способом очищення під дією електрофоретичної сили та тепла на електродах утворюються парогазові бульбашки, які рухаються на поверхню рідини разом з домішками, а потім видаляються механічними або іншими способами.

Для дослідження зміни питомого опору рицинової олії при різному вмісту води – 0% та 1%, було розроблено лабораторну установку, яка складалась з підвищувального трансформатора напруги типу ТСВЗ-1020, який використовувався як джерело високої напруги (до 5 кВ) для живлення електродної системи камери. Для живлення низької напруги нагрівача використовувався знижувальний трансформатор (до 5 В). Для плавного регулювання високої напруги було використано лабораторний автотрансформатор ЛАТР. Для зменшення пульсації фазного струму та точності виміру сили струму схема працювала через діодний міст з конденсатором. Максимальна фазова напруга джерел складала 10кВ. Для фіксування та вимірювання значення напруги використовувався електростатичний вольтметр С-196. Значення сили струму фіксувалися мікроамперметром Ф195. Об'єм камери лабораторної установки складає 500 см<sup>3</sup>, в склад якої входить електродна система загальною довжиною 1м та відстанню між електродами - 1см. Для підтримання необхідної температури рідини використовувався нагрівач, який являє собою проволочений провідник з високоомної сталі, який було укладено на дні камери і екрановано металевою сіткою.

У ході експериментальних досліджень отримані показники сили постійного струму, який проходить через рицинову олію 0% вмістом води та через олію з додаванням 1% води при напрузі на електродах 2, 3, 4, та 5 кВ. Розраховано питомий опір рицинової олії 0% води та з додаванням 1% води. Отримані результати питомого опору рицинової олії з різним вмістом води представлені в графічній формі (рис 1, 2).

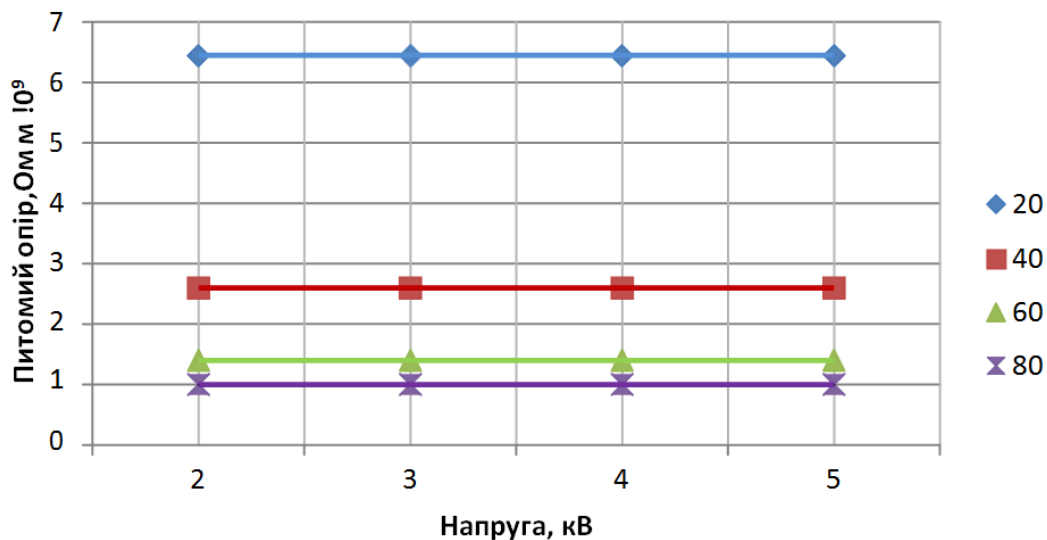


Рис. 1. Залежності питомого опору, Ом · м · 10<sup>9</sup>, від величини напруги 2; 3; 4 та 5 кВ при 20; 40; 60 та 80 °C у олії з 0% води.

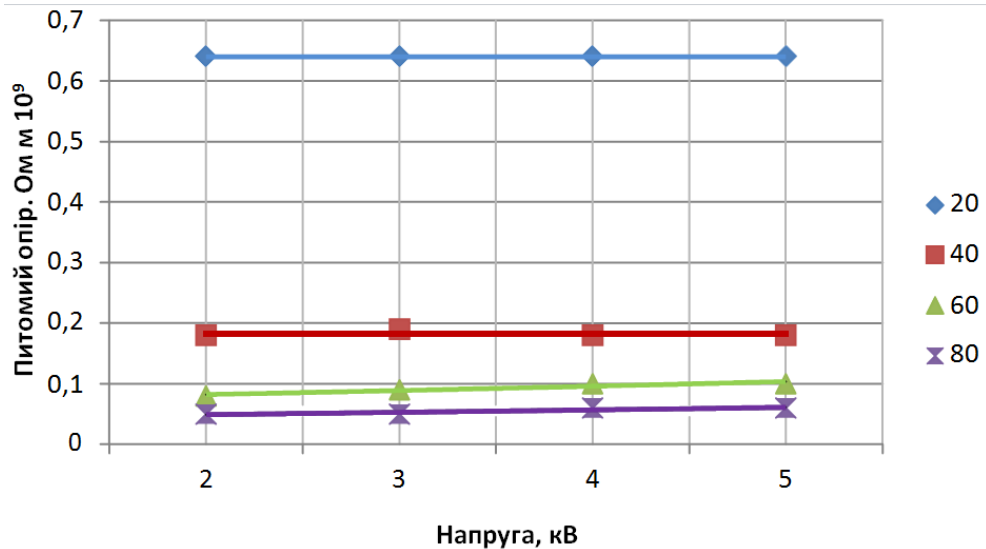


Рис. 2. Залежності питомого опору,  $\text{Ом} \cdot \text{м} \cdot 10^9$ , від величини напруги 2; 3; 4 та 5 кВ при 20; 40; 60 та 80 °C у олиї з 1% води.

**Висновки.** Таким чином, як можна побачити з рис. 1, 2 додавання до складу олиї 1% води та підвищення температури рідини значно зменшують питомий опір рицинової олиї, що є необхідною умовою при здійсненні процесу очищення рицинової олиї в електричному полі. Отримані показники дозволяють проводити розрахунок та вибір електродної системи.

#### Список використаних джерел

1. Зінченко О. І., Солотенко В. Н., Білоножко М. А. Рослиництво. Київ: Аграрна освіта, 2001. 373 с.
2. Месеняшин А. И. Электрическая сепарация в силових полях. Москва: Недра, 1978. 175 с.
3. Маев В. В., Смирнов Г. А., Ефремова Г. А. Тенденции развития систем очистки моторно-трансмиссионных масел и гидравлических жидкостей современных тракторов: обзорная информация. Москва: ЦНИИТЭИ Трактороссельмаш, 1986. 58 с.
4. Проскуряков В. А., Шмидт Л. И. Очистка сточных вод в химической промышленности. Ленинград: Химия, 1977. 463 с.
5. Спосіб очищення рослинної олиї: пат. 127279 Україна: МПК (2006): С11В 3/00, В03Д 1/008 (2006.01) / В. В. Дідур, О. В. Діденко, В. А. Дідур, Д. В. Левочко. U201801594. заяв. 19.02.2018, опубл. 25.07.2018, Бюл. № 14.

УДК 662.756.3

## РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОБРОБКИ СУМІШЕВОГО БІОПАЛЬНОГО В КАВІТАЦІЙНОМУ РЕЖИМІ

Кушлик Р. В., к.т.н., доцент

e-mail: kushlykroman@ukr.net

Кушлик Р. Р., к.т.н., ст. викл.

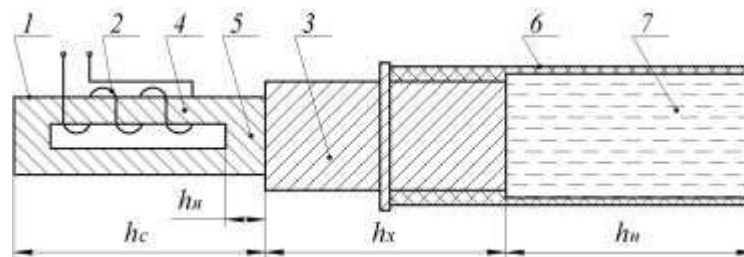
e-mail: ruslan.kushlyk@tsatu.edu.ua

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

**Постановка проблеми.** Основною руйнівною силою при ультразвуковій дії є кавітація – явище створення і захоплення парогазових бульбашок, що забезпечують реалізацію енергоємних технологічних процесів. Для їх практичної реалізації потрібні джерела випромінювання – ультразвукові коливальні системи.

Відомі ультразвукові коливальні системи, що складаються з п'єзоелектричних перетворювачів. Дані коливальні системи мають, як правило, малу поверхню випромінювання. Це обмежує їх функціональні можливості в частині забезпечення ультразвукового випромінювання через великі поверхні, що виключає промислову обробку великих об'ємів рідких середовищ. Найбільше поширення отримали магнітострикційні перетворювачі.

**Основні матеріали дослідження.** Електроакустична система включає генератор електричних коливань ультразвукової частоти, електроакустичний перетворювач та камеру (рис.1).



1 – пакет пластин; 2 – обмотка збудження і підмагнічування; 3 – хвилевод; 4 – активні стрижні пакету; 5 – ярмо пакету; 6 – камера обробки; 7 – біопальне

Рис. 1. Електроакустична система для обробки сумішевого біопального

Рідина, що знаходиться в камері обробки являє собою акустичне навантаження для перетворювача. В загальному випадку навантаження буде комплексним опором. В якості електроакустичного перетворювача застосовується магнітострикційний перетворювач. Він складається з пакету пластин з магнітострикційного матеріалу 1, обмотки збудження і підмагнічування 2 та хвилеводу 3. Пакет пластин складається з активних стрижнів 4, в яких магнітний потік співпадає з напрямом розповсюдження ультразвукової хвилі та ярма (накладки) 5, яка є пасивною частиною з точки зору генерування хвиль і є елементом, що замикає магнітопровід. Ультразвукові коливання збуджуються в активних стрижнях пакету 4 і через хвилевод 3 розповсюджуються в камеру обробки 6 з шаром біопального 7.

**Висновки.** Для забезпечення обробки складових біопального розроблена електроакустична система, яка надає можливість визначити електричні і механічні характеристики для обґрунтування та розрахунку магнітострикційного перетворювача, хвилеводу та камери.

УДК 631.364:621.311.243

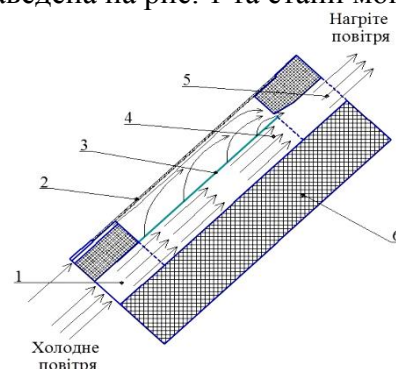
**ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ПОВІТРЯНОГО ГЕЛІОКОЛЕКТОРА****Сиротюк С. В., к.т.н.****Коробка С. В., к.т.н.****Сиротюк В. М., к.т.н.***Львівський національний аграрний університет, Дубляни***e-mail:** ssyr@ukr.net**e-mail:** korobkasv@ukr.net**e-mail:** valsyr@ukr.net

**Актуальність та постановка проблеми.** Повітряний геліоколектор (ПГК) – це пристрій, що призначений для збору енергії випромінювання Сонця у видимому та інфрачервоному спектрі і перетворення його в теплову енергію. ПГК у переважній більшості використовують, як додатковий нагрівний елемент низькотемпературного джерела теплоти, зокрема у геліосушарках під час сушіння рослинної сировини. На сьогодні ПГК ще не мають масового використання на енергетичному ринку України. Більшість ПГК була розроблена дослідниками для країн з різними видами субтропічного клімату, а їхнє дослідження проведено в лабораторних умовах або за допомогою комп'ютерного моделювання. Таким чином, фундаментальною проблематикою таких пристроїв є відсутність методів підбору елементів і матеріалів конструкції, що вимагає додаткового дослідження і розробки науково аргументованих інженерно-методичних засад, модифікацій і удосконалення.

**Основні матеріали дослідження.** В агропромисловому комплексі України, зокрема в особистих селянських господарствах ПГК, як додатковий нагрівний елемент низькотемпературного джерела теплоти, а саме у геліосушарці для сушіння рослинної сировини 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.

Запропонована конструкція ПГК конструктивно виготовлена у вигляді нероздільного енергетичного блока, що включає в себе коробку з теплоізованими стінками, одинарним застосуванням і селективною поверхнею на її днищі. Детальний опис будови і результатів дослідження роботи ПГК та аналіз впливу режимних параметрів на енергетичну ефективність установки з різною конфігурацією представлено в роботі [2].

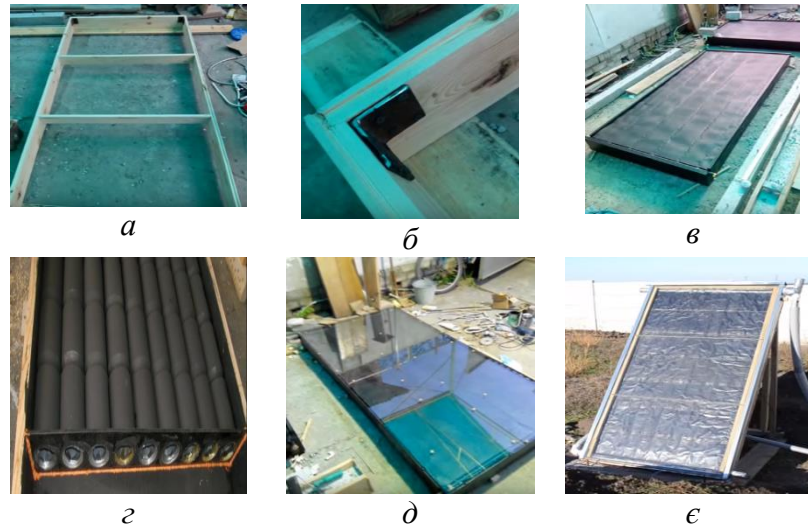
Схематична будова ПГК наведена на рис. 1 та етапи монтажу на рис. 2.



1 – вхідний канал; 2 – одношарове прозоре покриття; 3 – абсорбер; 4 – повітропровід; 5 – вихідний канал; 6 – теплоізовуюча стінка.

Рис. 1. Структурна схема будови повітряного геліоколектора





*a* – складання каркасу колектора; *б* – перевірка геометрії корпусу колектора; *в* – закріплення абсорбера; *г* – розміщення повітряних каналів; *д* – встановлення одношарового скла з тепловідбиваючим покриттям твердого типу 0,02 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; *є* – монтаж та пусконаладження дослідного зразка ПГК [3].

Рис. 2. Етапи складання елементів конструкції дослідного зразка повітряного геліоколектора

Таким чином, запропоновані інженерні рішення, дають змогу одержати максимально великий спектр потоку прямих сонячних променів, які опромінують поверхню поглинальної пластини та знизити розсіяну складову випромінювання, що є частиною радіаційного потоку і забезпечує підвищення енергетичної ефективності ПГК в три рази.

**Висновок.** Розроблено та виготовлено нову конструкцію і описано поетапне складання елементів дослідного зразка ПГК з герметичним та утепленим корпусом, що може використовуватися як додатковий нагрівний елемент низькотемпературного джерела теплоти в різних геліотермічних установках.

#### Список використаних джерел

1. Korobka S., Babych M., Krygul R., Zdobytshyj A. Substantiation of parameters and operational modes of air solar collector. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. № 3/8(93). P. 16 – 29. doi.org/10.15587/1729-4061.2018.132090
2. Boyarchuk V., Korobka S., Babych M., Krygul R. Results of research into thermal-technical characteristics of solar collector. Eastern European Journal of Enterprise Technologies – 2018. – Vol. Issue 8(95). – P. 23-33. doi : 10.15587/1729-4061.2018.142719

УДК 662.756.3

**ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ БІОПАЛЬНОГО ЗА ДОПОМОГОЮ УСТАНОВКИ  
«ТАНГЕНС-3М-3»****Кушлик Р. Р., к.т.н., ст. викл.****Кушлик Р. В., к.т.н., доцент****Струков В. С., 41-ЕЕ****e-mail:** kushlykroman@ukr.net*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м.  
Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми.** Погіршення екологічної обстановки через забруднення навколишнього середовища продуктами, що утворюються при згорянні нафтових палив, а також зменшення сировинних ресурсів для виробництва цих продуктів, змушують шукати альтернативну заміну палив, що одержуються з нафтової сировини. Альтернативне паливо повинно мати відновлювальну сировинну базу, не поступатися нафтовим палив за енергетичними показниками, але мати більш високі екологічні властивості. Проведені вітчизняними та зарубіжними дослідниками роботи показали, що перевагу слід віддавати продуктам рослинного походження - біопаливо. Однак такі палива нерівноцінні за своїми енергетичними, економічними і експлуатаційними показниками, тому слід вивчити наявний досвід застосування біопалив при експлуатації двигунів внутрішнього згорання, обґрунтувати вибір продукту з оптимальними техніко-економічними показниками і запропонувати рішення організаційного і технічного характеру по транспортуванню, зберіганню та застосуванню біопалива при експлуатації сільськогосподарської техніки.

**Основні матеріали дослідження.** Діелектрична проникність характеризується поведінкою молекул у пальному в електричному полі. Після обробки сумішевого біопального відбувається накопичення молекул з полярними групами, які поводять себе як диполі і тому діелектрична проникність таких сумішей на високих частотах зростає за рахунок орієнтаційної полярності. Тангенс кута діелектричних втрат ( $\text{tg}\delta$ ) є показником якості, який дуже чутливий до різних дрібнодисперсних утворень, розчинних металоорганічних сполук та твердої ізоляції. Використовуючи цей показник, можна виявити зміну властивостей біопального навіть за дуже малого ступеня обробки, а по характеру температурної залежності  $\text{tg}\delta$  – визначити якість обробки матеріалу.

Під час аналізу ми отримали результати  $\text{tg}\delta$  від кількості продукту рослинного походження в ДП. Вимірювання проводились при температурі  $90^{\circ}\text{C}$ , до значення  $\text{tg}\delta$ , виміряного за температури  $20^{\circ}\text{C}$ . Якщо таке співвідношення, виміряно на підйомі температури, перевищує 10, то це буде вказувати на появу певних домішок в результаті розчинення.

Аналіз проводився в хімічній лабораторії Мелітопольських високовольтних електричних мереж. При більшій кількості РМО в ДП  $\text{tg}$  в перемішаних зразках в гомогенізаторі зростає із 11,246 до 50,288. В зрівнянні із біопальним, яке не було перемішано в гомогенізаторі  $\text{tg}$  суттєво збільшився по відношенню до необробленого біопального.

**Висновки.** Показник  $\text{tg}\delta$  у вітчизняних і міжнародних нормативних документах регламентовано до застосування на об'єктах електроенергетики. В нашому випадку якість біопального після його змішування в гомогенізаторі зі швидкістю обертання мішалки 9000 об/хв суттєво погіршилась.

УДК 631.563.2:633.854.78

## ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СУШІННЯ НАСІННЯ СОНЯШНИКА

Петренко К. Г., інженер

e-mail: petrenko.k.g@gmail.com

Журавель Д. П., д.т.н.

e-mail: dmytro.zhuravel@tsatu.edu.ua

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

**Актуальність та постановка проблеми.** Урожай соняшнику вимагає дуже дбайливого, обережного ставлення і оптимальних умов зберігання. Процес сушіння насіння соняшника повинен здійснюватися виходячи з особливостей сорту або гібрида і процентного вмісту олії.

Метою сушки є збереження якості і кількості олії. Насіння соняшнику категорично не переносить підвищення температури і збільшення вологості. Найбільш прийнятною вважається вологість, не більше 7% і температура зберігання в межах 10 °С. Прибраний урожай необхідно постійно вентилувати і забезпечити доступ свіжого повітря [1].

**Основні матеріали дослідження.** Статикою процесу сушки називають взаємодію вологих матеріалів з повітрям, в результаті якого настає стан рівноваги матеріалу. Стан рівноваги матеріалу може бути досягнутий шляхом поглинання водяного пару з навколишнього повітря (сорбції) або шляхом випарювання вологи з матеріалу (десорбції) [2].

У процесі сушіння проходить безперервне видалення вологи з матеріалу за рахунок різниці парціальних тисків пари над матеріалом  $P_m$  і навколишньому середовищі  $P_c$ , причому  $P_m > P_c$ . Вологість матеріалу знижується до тих пір, поки процес сушіння не припиниться при  $P_m = P_c$ , поки пружність пари над матеріалом стає рівною пружності пари в повітрі і настає рівновага в процесі обміну вологою між матеріалом та середовищем. Таким чином, величина вологості рівноваги залежить від парціального тиску пару в повітрі  $P_c$ , а відповідно, і від його відносної вологості  $w$ , як:

$$w = \frac{P_c}{P_H}, \quad (1)$$

де  $P_H$  – тиск насиченого пару при визначеній температурі.

Така залежність для капілярно-пористих колоїдних матеріалів мають вид S-образної форми. Криву, що отримана в результаті зволоження матеріалу, називають ізотермою сорбції, навпаки – ізотермою десорбції. Ізотерми сорбції та десорбції не співпадають – це явище носить назву сорбційного гістерезису.

На відміну від статички процесу сушіння, що встановлює взаємодію вологого матеріалу з повітрям незалежно від часу, кінетика розглядає характер протікання процесу сушіння впродовж часу. Найбільш повно характер протікання процесу сушіння визначається сукупністю трьох кривих сушіння, що показані на одному графіку (рис. 1).

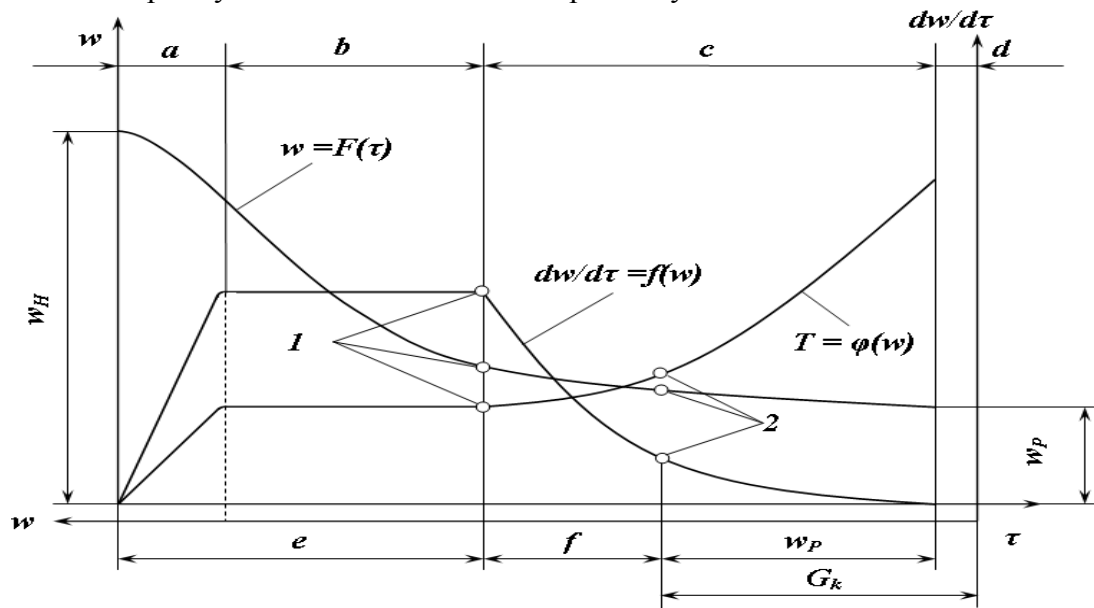
$\omega = F(\tau)$ , що виражає залежність між вологовмістом матеріалу  $\omega$  та тривалістю процесу сушіння  $\tau$ ;

$\frac{d\omega}{d\tau} = f(\omega)$ , що представляє собою залежність між швидкістю сушіння та вологовмістом матеріалу  $\omega$ ;

$T = \varphi(\omega)$ , що дає залежність між температурою  $T$  та вологовмістом матеріалу  $\omega$  в процесі сушіння.

Аналіз кривих показує, що весь процес сушіння можна розділити на три характерних періода: а – період нагріву матеріалу; б – період постійної швидкості сушіння; с – період падаючої швидкості сушіння.

Період нагріву: якщо матеріал помістити в сушильну камеру, через яку продувається нагріте повітря, то поверхня матеріалу буде нагріватися. З підвищенням температури волога на поверхні матеріалу почне інтенсивно випаровуватись та дифундувати в навколишнє середовище. Отже, з початку процесу сушіння, в період підігріву, поле вологості та поле температури матеріалу стають неоднорідними: на поверхні матеріалу вологість буде нижча, а температура вища, ніж в товщі - з'явиться градієнт концентрації вологи та температурний градієнт [3,4]. Градієнт концентрації вологи призводить до міграції вологи в бік меншої концентрації, тобто з внутрішніх слоїв до поверхні матеріалу, під дією температурного градієнту волога мігрує в бік більш низької температури, тобто від поверхні матеріалу до центру. Напрямок температурного градієнту та градієнту концентрації вологи протилежні, волога буде переміщуватися в напрямку дії більш інтенсивного градієнту.



а – період нагрівання; б – період постійної швидкості сушіння; с – період зниження швидкості сушіння; d – область стану рівноваги; e – область вологого стану; f – область гігроскопічного стану матеріалу; перша 1 та друга 2 критичні точки.

Рис. 1. Типові криві сушіння капілярно-пористих матеріалів

Дослідним шляхом встановлено, що при конвективному способі сушіння напрямок переміщення вологи обумовлюється дією градієнта концентрації вологи та міграція вологи відбувається від центру до поверхні матеріалу. Зростання температури поверхні матеріалу в кінці періоду нагріву досягає температури випарюваної рідини, а швидкість сушіння – максимального значення. Тривалість періоду нагрівання матеріалу настільки мала, що нею можна знехтувати. Тому тривалість сушіння залежить від швидкості в період постійної та зниження швидкості сушіння.

Період постійної швидкості сушіння: на початку сушіння вологовміст  $u$  матеріалу змінюється прямолінійно. Швидкість сушіння  $du/d\tau$ , що є похідною від вологовмісту  $u$  та визначається в кожній точці як тангенс кута нахилу дотичної до кривої сушіння  $u = F(\tau)$ , має максимальне значення в продовж всього першого періоду залишається постійною.

В першому періоді волога випарюється з поверхні матеріалу, що створює перепад вологовмісту між поверхнею та внутрішніми шарами матеріалу та призводить до переміщення вологи від центру до поверхні.

Інтенсивність міграції вологи з внутрішніх шарів до поверхні в перший період достатня для того, щоб підтримувати вологість поверхні більше гігроскопічної. Безперервна міграція

вологи з внутрішніх шарів до поверхні матеріалу приведе до зменшення їх вологовмісту, і до зниження градієнту концентрації вологи, що приведе до зменшення міграції вологи до поверхні і зниження її вологовмісту. Процес поступового зневоднення матеріалу приведе до того, що вологовміст його поверхні стає рівним гігроскопічному. Цей момент відповідає на графіку точкам 1 перегину кривих сушіння – перших критичних точок.

Експериментально отримано наступне рівняння для швидкості сушіння в період постійної швидкості:

$$\frac{dW}{d\tau} = 0,0745 v_b \rho^{0,8} (p_{\text{пл}} - p_b), \quad (2)$$

де  $v_b$  – швидкість повітря над матеріалом,  
 $\rho$  – густина повітря.

Аналіз рівняння показує, що швидкість сушіння на першому етапі залежить від параметрів сушильного агента.

Інтегруючи рівняння в границях зміни вологості від  $W_H$  до  $W_K$  та часу отримуємо:

$$\tau_1 = \frac{W_H - W_K}{0,0745 v_b \rho^{0,8} (p_{\text{пл}} - p_b)}, \quad (3)$$

Період зниження швидкості сушіння: після перших критичних точок характер протікання кривих сушіння різко змінюється. Невідповідність між кількістю вологи, що випарюється з поверхні надходить з внутрішніх шарів матеріалу, приводить до того, що поверхня випарення перетворюється в зону випарення, тобто випарення розширюється не тільки з геометричної поверхні матеріалу, але і поширюється в глиб матеріалу.

При рівномірному підводі тепла зменшується інтенсивність випарення вологи з поверхні та утворюється зона випарення, що призводить до підвищення температури нагріву матеріалу. Другий період сушіння характеризується зменшенням швидкості сушіння та збільшенням температури матеріалу. Температура центрального шару матеріалу в процесі сушіння весь час відстає від температури поверхні і досягає її значення тільки біля другої критичної точки 2.

Точка 2 перегину кривої швидкості сушіння пов'язана зі зміною форми зв'язку вологи, що видаляється, з матеріалу, від чого залежить швидкість сушіння. Період сушіння від початкової вологості матеріалу до другої критичної точки відповідає видаленню капілярної вологи, а наступний період до вологи рівноваги – видаленню адсорбційно-зв'язаної вологи. Наприкінці другого періоду сушіння температура матеріалу вирівнюється з температурою навколишнього середовища, а криві вологовмісту та швидкості сушіння асимптотично наближуються: перша до вологовмісту рівноваги, друга до нуля.

За аналогією з основним рівнянням кінетики швидкість сушіння на другому етапі можна записати:

$$\frac{dW}{d\tau} = K_c (W - W_p), \quad (4)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт сушіння, що залежить від інтенсивності масо переносу.  
 Інтегруючи рівняння границями від  $W_{\text{кр}}$  до  $W$ , отримано:

$$\ln \frac{W_{\text{кр}} - W_p}{W_2 - W_p} = K_c \tau, \quad (5)$$

Тривалість процесу сушіння на другому етапі :

$$\tau_2 = \frac{1}{K_c} \ln \frac{W_{кр} - W_p}{W_2 - W_p}, \quad (6)$$

Тоді загальна тривалість сушіння:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = \frac{W_H - W_K}{0,0745v_B \rho^{0,8} (p_{пт} - p_B)} + \frac{1}{K_c} \ln \frac{W_{кр} - W_p}{W_2 - W_p}. \quad (7)$$

**Висновки.** Аналіз кривих кінетики сушіння насіння показує, що весь процес сушіння можна розділити на три характерних періоди: період нагріву матеріалу; період постійної швидкості сушіння; період падаючої швидкості сушіння; тобто для коллоїдно-пористих тіл найбільш ефективним є конвективне сушіння, при якому волога віддаляється з матеріалу в результаті випару з поверхні матеріалу.

#### Список використаних джерел

1. Журавель Д. П., Зубкова К. В., Елісов Р. Д. Розробка удосконаленої схеми сушіння насіння соняшника. *Актуальні проблеми дисциплін природничо-наукової підготовки сучасних інженерів: матеріали Всеукр. студентської наук.-практ. конф. Херсон, ХДАУ, 2010. С. 101-104.*
2. Ткаченко А. В., Дідур В. А. Оборудование и технология сушки семян подсолнечника высших репродукций. Lambert Academic Publishing. 2014. 144 с.
3. Дідур В. А., Журавель Д. П. Технічна механіка рідини і газу: підручник. Мелітополь: Колор Принт, 2019. 468 с.
4. Надійність обладнання харчової галузі: навчальний посібник / Ю. Г. Сухенко, І. П. Паламарчук, М. М. Жеплінська, М. М. Муштрук, Д. П. Журавель. Київ: Компринт, 2019. 370 с.

УДК 631.365.22.01-868

## ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ВІБРОСУШАРКИ ПЕРЕМІЖНОГО НАГРІВАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

**Тригуба А. М., д.т.н., професор****e-mail:** trianamik@gmail.com**Чубик Р. В., к.т.н., доцент****e-mail:** r.chubyk@gmail.com**Ковтика В. Р., магістр (Маш-51)***Львівський національний аграрний університет***Ярошенко Л. В., к.т.н., доц.****e-mail:** volvinlv@gmail.com*Вінницький національний аграрний університет*

**Актуальність та постановка проблеми.** При виготовленні сільськогосподарської продукції ставляться високі вимоги до кінцевого вмісту вологи і рівномірності її розподілу. Як правило, доведення зернової маси до необхідної вологості здійснюють за допомогою сушіння, як природного за допомогою енергії сонця й сухого атмосферного повітря, так штучного у зерносушарках за допомогою теплоносія у вигляді підігрітого повітря. Взагалі сушіння є однією з найпоширеніших технологічних операцій, що зустрічається майже в усіх галузях народного господарства і промисловості. Раціональний метод сушіння, визначення оптимального режиму і вибір типу сушильної установки багато в чому визначаються умовами одержання необхідних технологічних властивостей продукту. З огляду на це, пошуки шляхів для удосконалення технології і обладнання для сушки слід вважати актуальним напрямом наукових досліджень.

**Основні матеріали дослідження.** Штучне досушування зерна можна здійснювати такими способами: конвективним - сушіння шляхом безпосереднього контакту сушильного агента (підігрітого повітря) із матеріалом, що висушується; контактним - сушіння шляхом нагрівання матеріалу, що висушується через стінку, що підводить тепло; і сушіння за допомогою інфрачервоного проміння з довжиною хвилі 8-10 мкм, яке здатне проникати на деяку глибину у глиб тіл та нагрівати їх.

Незаперечною перевагою інфрачервоного проміння є його здатність передавати матеріалу, що висушується, значно більше тепла, що дозволяє досягнути швидкості випаровування вологи, що у багато разів перевищує швидкість її випаровування при конвективному чи контактному сушінні, але для цього необхідно щоб зерно рухалось у зоні обробки моно шаром при неперервному його провертанні, з метою забезпечення рівномірності його прогрівання. Реалізувати технологічний процес сушіння за допомогою інфрачервоного проміння та досягнути менших питомих енерговитрат можна застосовуючи моношарну сушильну машину переміжного нагрівання [1, 2], яка дозволяє зменшити питомі енерговитрати приблизно у 1,5-2 рази. У якій для зменшення температури прогрівання частинок продукції, при не меншій величині зменшення її вологості, використовується переміжне нагрівання, при якому періоди нагрівання інфрачервоним промінням чергуються із періодами обдування холодним повітрям, а в якості джерела інфрачервоного випромінювання використовуються інфрачервоні лампи типу ІКЗ, які мають меншу теплову інерційність, а довжина хвилі їх випромінювання забезпечує нагрівання переважно вологого зерна, при цьому сухе зерно практично не нагрівається. Ще меншому енергоспоживанню сушарки сприятиме застосування резонансного віброприводу [3, 4] та заміна циліндричних витих пружин пружної підвіски вібрлотків на плоскі, які внаслідок великої жорсткості дозволяють істотно підвищити стабільність коливань вібрлотків (позбутись паразитних поперечних коливань) особливо у перехідних режимах роботи при налаштуваннях резонансного режиму роботи.

Оптимізація роботи переміжної вібросушарки проводиться шляхом застосування адаптивної (екстремальної) системи керування нові PLC [5] динамічними параметрами віброприводів, яка реалізовує безперервне керування частотою циклічної вимушуючої сили з метою забезпечення та підтримування в часі постійного резонансного режиму роботи і як наслідок мінімальних енергозатрат на вібропривод. Та проводить роздільне керування

амплітудою циклічної вимушеної сили дебалансного віброприводу на резонансній робочій частоті вібромашини, що дозволяє при мінімальних енергозатратах на вібропривод проводити автоматичне адаптивне коректування амплітуди коливань робочого органу вібромашини з метою забезпечення стабільності [6] технологічно оптимальних динамічних параметрів робочого органу вібромашини.

**Висновки.** В результаті аналізу технологічного процесу сушіння зерна та конструктивних схем існуючих вібросушарок можна зробити висновок, що вони мають досить складні конструкції та порівняно високу енергоємність процесу сушіння, тому найбільш перспективними є сушарки, принцип роботи яких ґрунтується на переміжному нагріванні, у яких зерно вібротранспортується моно шаром і прогрівається інфрачервоним промінням від ламп ІЧЗ, яке діє переважно на вологе зерно, при цьому сухе зерно нагрівається до значно меншої температури, а періоди нагрівання чергуються із періодами продування холодним повітрям, при цьому для збудження коливань вібротоків доцільно використовувати керовані дебалансні віброприводи. Для зменшення енергозатрат на вібропривод переміжної вібросушарки необхідно забезпечити її роботу у резонансному режимі за допомогою адаптивної системи керування, при цьому доцільно застосовувати плоскі пружини, які мають дуже велику поперечну жорсткість і практично повністю усувають можливість виникнення паразитних поперечних коливань, які істотно спотворюють процес вібротранспортування зерна по лотках змінюючи його швидкість, що призводить до погіршення якості сушіння.

#### Список використаних джерел

1. Вібраційна сушарка: пат. 42383 А Україна: МПК F26B 17/30 (2006.01), F26B 3/32 (2006.01) / Л. В. Ярошенко. № 2001020887; заявл. 09.02.2001; опубл. 15.10.2001, Бюл. № 9.
2. Спосіб вібромоншарного сушіння: пат. 45431 Україна: МПК (2006): F26B 5/00, F26B 15/00 / Л. В. Ярошенко. № 98073470; заявл. 02.07.1998; опубл. 15.04.2002, Бюл. № 4.
3. Керований симетричний дебалансний вібропривод напрямленої дії: пат. 117630 Україна: МПК B06B 1/16 (2006.01) / Р. В. Чубик, Л. В. Ярошенко, Н. М. Зрайло. № а201700984; заявл. 03.02.2017; опубл. 27.08.2018; Бюл. № 16.
4. Керований вібропривод напрямленої дії зі спареними дебалансами: пат. 116418 Україна: МПК: B06B 1/16 (2006.01) / Р. В. Чубик, Л. В. Ярошенко, В. М. Бандура, В. В. Томчук, Н. М. Зрайло. № а201609034; заявл. 25.08.2016 ; опубл. 12.03.2018; Бюл. № 5.
5. Чубик Р. В., Ярошенко Л. В. Керовані вібраційні технологічні машини: монографія. Вінниця: ВНАУ, 2011. 355 с.
6. Стабилизация скорости вибротранспортирования сыпучей зерновой продукции / Л. Ярошенко и др. *MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture*. Lublin, 2016. Vol. 18, № 8. P. 29-35.



UDC: 69:699.86

## INCREASING THE EFFICIENCY OF HEAT ENERGY TRANSPORTATION

**Struchaiev N.****e-mail:** usun105@gmail.com**Postol Y.****e-mail:** yuliapostol111@gmail.com*Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University Melitopol, Ukraine*

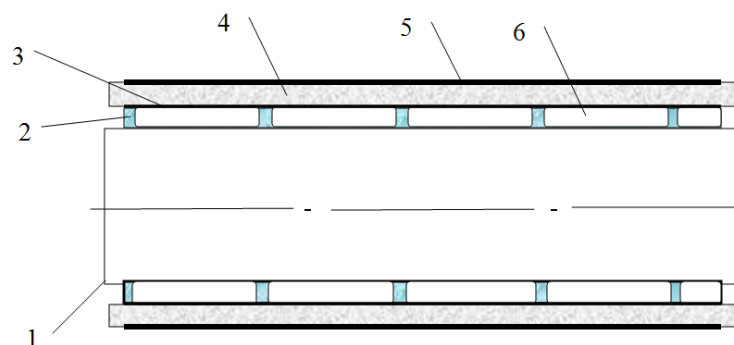
### Relevance and problem statement.

The annual global losses in the transportation of thermal energy are more than 10–20%, and in some regions up to 40% [1]. Development thermal insulation methods for pipelines vary depending on the type of installation, as operating conditions impose special requirements. A significant part of the heating mains has an air gasket [2,3,4]. Therefore, the search for ways to increase the efficiency of using heat insulation plays an important role, since it allows for a long time to reduce heat loss [5,6].

### The main research materials.

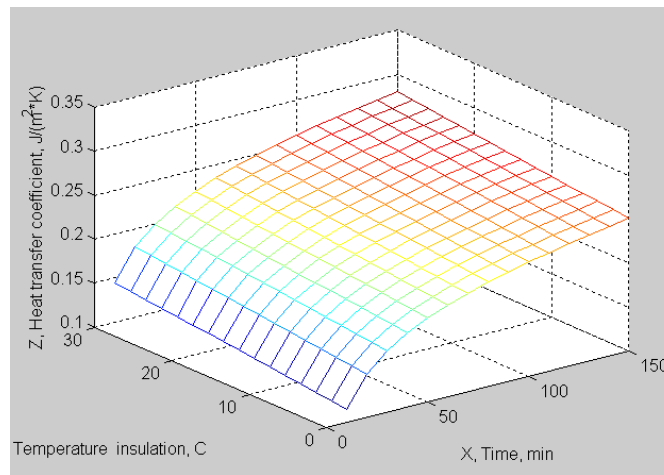
The research were carried out on a test bench, on which the following samples were installed: horizontal steel pipeline without thermal insulation; horizontal steel pipe coated with thermal insulation aluminum film; horizontal steel pipeline coated with shell-capsule thermal insulation [7]. The temperature in the pipe was maintained by an electric heat generator and was measured by temperature sensors, the signal of which was transmitted to a digital device.

The scheme of the shell-capsule thermal insulation of the pipeline is shown in Fig. 1.



**Fig. 1.** Shell-capsule heat insulation of the pipeline: 1 - pipe, 2 - disk centralizers, 3 - heat-reflecting screen made of aluminum foil, 4 - heat-insulating material, 5 - outer coating, 6 - shell capsules.

The principle of operation of the shell-capsule thermal insulation of pipelines is as follows. Thermal energy enters with the flow of hot coolant to the consumer, while part of it is lost through the wall of the pipe 1. The radiant heat flux is reflected back by a heat-reflecting screen 3 of aluminum foil located with the help of disk centralizers 2 at a distance from the pipe with the formation of shell-capsules 6 between the pipe 1, centralizers 2 and heat-reflecting screen 3 of thermal insulation 4. The shell capsules 6 created by disk centralizers 2 are broken the total air space between the pipe 1 and the heat-reflecting screen 3 into separate cells, which sharply worsens the conditions of convective heat transfer and reduces convective heat loss. The heat energy that has passed through the heat-reflecting screen 3 is delayed by the heat-insulating material 4, which provides resistance to heat conduction, which also reduces heat loss (Fig. 2). The outer coating 5 protects the insulation from precipitation.



**Fig. 2.** The dependence of the surface temperature of the insulation of the pipeline on the heat transfer coefficient

**Conclusions.** We proposed: shell-capsule thermal insulation of the pipeline [7]. We determined: that heat losses when using shell-capsule thermal insulation of the pipeline compared to conventional thermal insulation decreased by 18%. The results can be used in the design of thermal insulation of pipelines.

### References

1. Thomas Nussbaumer, Stefan Thalmann *Status Report on District Heating Systems in IEA Countries* IEA Bioenergy, Swiss Federal Office of Energy, and Verenum, Zürich 2014, vol. 32 pp.48.
2. Didur V., Struchaiev N. *Teplotekhnika, teplopostachannya i vykorystannya teploty v sil's'komu hospodarstvi*. [Heat engineering, heat supply and heat utilization in agriculture]. Kiev, 2008. 233 p
3. G. M. Zaki, A. M. Al-Turki. Optimization of Multilayer Thermal Insulation for Pipelines. *Heat Transfer Engineering*, 2000, vol.21, pp 63-70. doi.org/10.1080/01457630050144514.
4. Struchaiev N., Postol Yu. O. *Analiz termodynamichnykh protsesiv u pototsi povitrya* [Analysis of thermodynamic processes in airflow]. Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu sil's'koho hospodarstva im. P. Vasylenka – Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture. P. Vasilenko, 2017, no. 187, pp.28-29. (In Ukrainian).
5. Struchaiev N., Postol Y., Stopin Y., Borokhov I. Determination of the Duration of Spherical-Shaped Berries Freezing Under the Conditions Stationary Heat Flow. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. 2019, part II, pp 405-414. doi:10.1007/978-3-030-14918-5\_42.
6. Struchaiev N.I., Stopin Y.O., Postol Y.O., Simontsev V.O., Petrov V.O. *Truba teploizolirovana* [Heat insulated pipe]. Patent UA, no 135199, 2019.
7. Struchaiev N.I. *Obolonkovo-kapsul`na teploizolirovana truba* [Shell-capsule heat-insulated pipe]. Patent UA, no 141439, 2020.

УДК 631.53:633.854.78

## ОЦІНКА БІОЛОГІЧНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАСІННЯ СОНЯШНИКА

**Петренко К. Г., інженер****Журавель Д. П., д.т.н.***Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м.**Мелітополь, Україна***e-mail:** petrenko.k.g@gmail.com**e-mail:** dmytro.zhuravel@tsatu.edu.ua

**Актуальність та постановка проблеми.** Основними сортовими властивостями, які впливають на зберігання насіння соняшника є час і темп досягання, реакція на умови вирощування, режим зберігання і стійкість проти хвороб. До умов вирощування відносять географічні, кліматичні та погодні умови, ґрунти та системи їх утримання, водний режим, вплив добрив. Успіх тривалого зберігання насіння соняшника залежить від біологічних та енергетичних властивостей, умов вирощування, термінів та техніки збирання, режимів зберігання і хвороб. Однак, ступінь впливу кожного з цих факторів на тривалість зберігання різний [1].

**Основні матеріали дослідження.** Час збирання соняшника значною мірою впливає на його якість. У соняшника навколоплідник майже на 100% складається з гідрофільної частини, тоді як в насінні її міститься 30%, а 66...70% - це олія. Тому в навколопліднику води міститься більше ніж в насінні. Більш висока вологість лузги у достиглого насіння є важливою біологічною особливістю соняшника, завдяки якій лузга та насіннева оболонка перешкоджає проникненню кисню повітря до сім'янки. В той же час недостигли сім'янки знаходяться в стані покою і не проростають. Вологе середовище, в якому висихання лузги неможливе, затримує проходження періоду покою сім'янок. Та по мірі досягання, що супроводжується висиханням лузги, водопоглинення сім'янок, а також надходження кисню повітря з оточуючого середовища нормалізуються. При цьому поступово зростає схожість насіння. На материнських рослинах період покою насіння соняшника значно коротший.

Насіння соняшника, особливо високоолійних сортів, вимогливе до умов зберігання. Складність зберігання поглиблюється тим, що він досягає пізно, та збиральна вологість його насіння навіть в степній зоні України досягає 14,5...18% [1,2].

На придатність до збереження насіння істотно впливають механічні ушкодження його оболонки, особливо високоолійних сортів, у яких вона тонша, має більш низьку міцність та розтріскується при механічних навантаженнях.

На показники якості олії та схожість впливають як абіотичні (температура, вологість, доступ повітря) так і біотичні (наявність мікрофлори та травмування). Однак, основне значення для нормального зберігання насіння має конвенційна вологість та температура. Навіть в добре висушеному, але не охолодженому насінні підвищується кислотність та знижується схожість.

Тому після доведення насіння до високих нормальних кондицій по чистоті та вологості необхідно своєчасно охолодити до температури 5...10 °С та в процесі зберігання не допускати її підвищення.

Насіння соняшника складається з твердої насінневої оболонки, в якій розташовані плодова оболонка, ендосперм та зародиш. Розміри сім'янок соняшника знаходяться в залежності від сорту, кліматичних та агротехнічних умов та лежить в наступних границях: довжина 5...25 мм, ширина 4,3...10 мм, товщина 4...7 мм. Маса 1000 сім'янок соняшника в залежності від сорту та умов вирощування знаходиться в наступних границях 40...100 г. З підвищенням вологості абсолютна маса насіння соняшника збільшується.

Відносна густина, тобто питома маса насіння соняшника, залежить значно від сорту, хімічного складу та вологості. У насіння соняшника повітряні тканини складають 20...35%. Значний вміст олії (відносна густина якого 0,92 г/см<sup>3</sup>) та повітря обумовлюють порівняно невисоку відносну густину соняшника, що становить 0,65 г/см<sup>3</sup>. Так як густина води значно

більша, то з підвищенням вологості насіння збільшується їх відносна густина, а з підвищенням крупності та олійності відносна густина насіння соняшника зменшується.

Натура насіння соняшника (маса 1л) складає 325...440 г/л. Окрім сортових властивостей натура істотно залежить від вологості насіння соняшника, а також засміченості.

Міцність оболонки соняшника залежить від напрямку зусиль, вологості та дорівнює навантаженню, при якому руйнується оболонка. Швидкість повітря, при якій насіння соняшника знаходяться в стійкому звішеному стані, перевищення якої призведе до їх виносу, називається швидкістю вітання, залежить від абсолютної маси, розмірів насіння соняшника та становить 3,2...8,9 м/с.

За хімічним складом насіння соняшника складається з вуглеводів, жирів, білків та мінеральних речовин. Вуглеводи, жири, білки мають різну гідрофільність, тобто здатність віддавати та утримувати вологу. Найбільшу кількість води можуть утримувати білки. Насіння соняшника майже на половину складається з жирової не гідрофільної частини, і тому вся волога пов'язана з вуглеводно-білковим комплексом, вологість якого не повинна перевищувати критичну вологість гідрофільної частини  $\omega_{KP}$  (14%). Для визначення вологості насіння соняшника, при зберіганні без погіршення якості, необхідно критичну вологість гідрофільної частини помножити на різницю між 100% та фактичною олійністю  $\delta_{\phi}$  (наприклад 45%) поділити на 100%.

$$\omega_K = \frac{\omega_{KP} \cdot (100 - \delta_{\phi})}{100}, \quad (1)$$

Таким чином, критична вологість – максимальна абсолютна вологість насіння, при якій руйнівні процеси припиняються. За її границями різко посилюється інтенсивність руйнівних процесів особливо при підвищеній температурі повітря та вологості насіння. Насіння соняшника з високим вмістом олії має критичну вологість, що приблизно дорівнює 6...9 %.

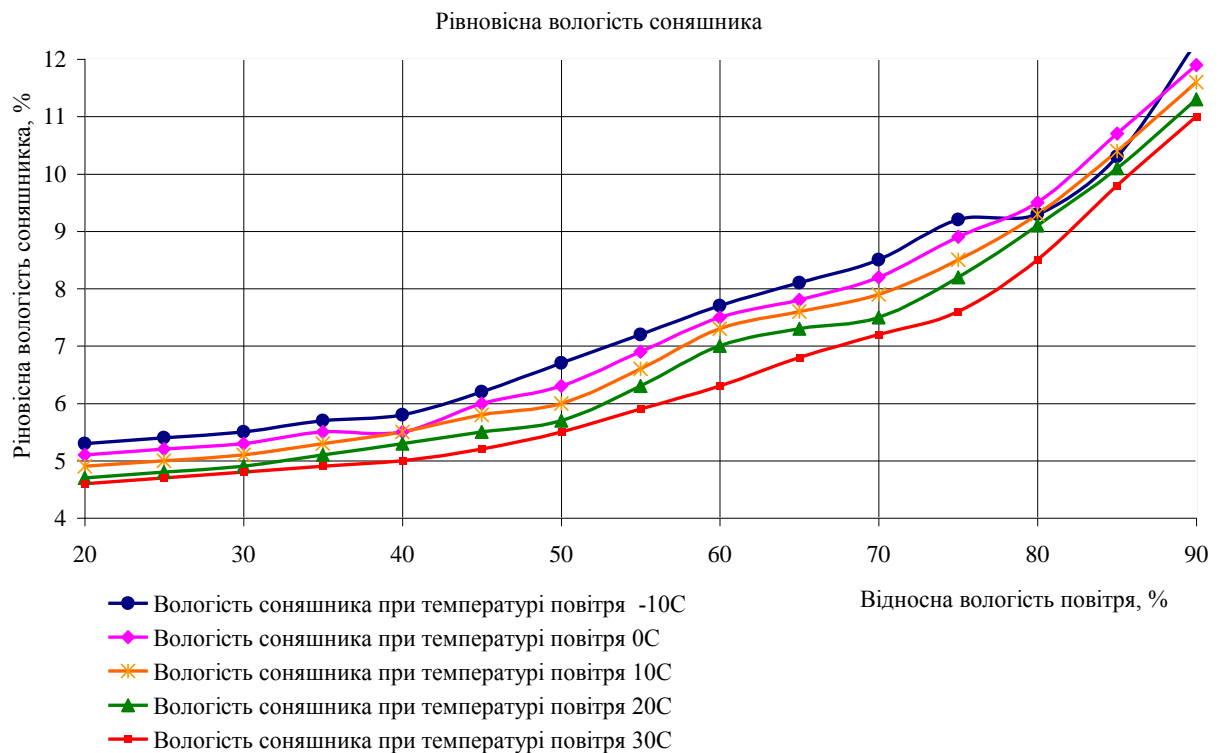
Рівноважна вологість насіння – вологість, при якій насіння не віддає та не поглинає вологу. Наприклад, при відносній вологості повітря 80%, рівноважна вологість соняшника дорівнює 9,3%. Визначений вплив на стан насіння здійснює температура повітря.

Теплоємність насіння соняшника залежить від його хімічного складу та вологості [3]. Абсолютно сухе насіння має теплоємність 1520 Дж/кг<sup>0</sup>С. При збільшенні вологості теплоємність підвищується.

Насіння соняшника володіє значною шпаруватістю - відношення об'єму між зернового простору до всього об'єму зернової маси. Показник шпаруватості має велике значення, оскільки він характеризує здатність маси пропускати повітря або газо-повітряну суміш при сушінні. У соняшника шпаруватість складає 60... 70% та залежить від висоти шару, його форми, наявності забруднення.

Термостійкість насіння соняшника також має високе значення. Гранично – допустима температура насінневого зерна не повинна перевищувати 45...50<sup>0</sup>С.

Гігроскопічність насіння соняшника, тобто здатність поглинати пароподібну вологу, значно менша ніж у зерна злакових. За своїми біологічними особливостями олійні культури важкозберігаємі, тому витрати на їх зберігання перевищують аналогічні витрати на зернові культури [4]. Про властивості соняшника можна судити по характеру зміни рівноважної вологості в залежності від відносної вологості повітря та його температури, що наведені та на рис. 2.1.



**Рис. 1.** Залежність рівноважної вологості від відносної вологості повітря

**Висновок.** На основі аналізу біологічних та фізичних властивостей насіння соняшника встановлено, що сушіння – найбільш відповідальний та складний процес в післязбиральній період. При науково – обґрунтованій технології сушіння та оптимальних її режимах якість насіння покращується, подовжуються строки його безпечного зберігання. Під час сушіння проходять важливі біохімічні перетворення низько молекулярних речовин в високомолекулярні білки, жири та вуглеводи, що стійкі до зберігання.

#### Список використаних джерел

1. Журавель Д. П. Розробка удосконаленої схеми сушіння насіння соняшника. *Актуальні проблеми дисциплін природничо-наукової підготовки сучасних інженерів: матеріали всеукраїнської студентської науково-практичної конференції*. Херсон, ХДАУ, 2010. С.101-104.
2. Ткаченко А. В. Оборудование и технология сушки семян подсолнечника высших репродукций. Lambert Academic Publishing, 2014. 144 с.
3. Дідур В. А. Технічна механіка рідини і газу: підручник. Мелітополь: Колор Принт, 2019. 468 с.
4. Надійність обладнання харчової галузі: навч. посібник / Ю. Г. Сухенко та ін. Київ: КомпрІнт, 2019. 370 с.

УДК 664.164

**ТЕРМОСТАБІЛІЗАЦІЯ МЕДУ****Стручась М. І., к.т.н., доцент****e-mail:** usun105@gmail.com**Постол Ю. О. к.т.н., доцент****e-mail:** yuliapostol111@gmail.com*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна***Власой І. Д.****e-mail:** izmagrotex@ua.fm*Ізмаїльський агротехнічний коледж, Ізмаїл, Одеська область*

**Актуальність та постановка проблеми.** Процеси теплової обробки меду займають важливе місце при підготовці його до реалізації або довготривалого зберігання [1]. При виконанні таких технологічних операцій, як пастеризація, кристалізація, розпускання, темперування меду він піддається нагріванню, тому суттєве місце займає виконання теплотехнічних розрахунків. Згідно [2] найбільшою температурою обробки натурального меду є 50 °С, підігрів меду вище 50 °С є неприпустимим, так як це призводить до втрати його антимікробних властивостей, до руйнування ферментів і цукрів [3]. Але узагальнюючої роботи, яка охоплює весь інтервал температур теплової обробки немає.

**Основні матеріали.** Мед звичайного складу містить близько 40% фруктози (фруктовий цукор), 34% глюкози (виноградний цукор), 1-2% сахарози (тростинний цукор), 17,7-19% води та близько 60 інших різних речовин. Таким чином мед - це перенасичений розчин цукрів. Кількість цукрів у медові більше того, що може залишатися в розчиненому стані при температурі від 4 °С до 28 °С. З цієї причини, глюкоза, що володіє меншою розчинністю, починає кристалізуватися. Фруктоза залишається в рідкому стані. Температура плавлення сахарози 185-186 °С, глюкози - 146 °С, тобто при тепловій обробці меду і сахарози і глюкоза в чистому вигляді є кристали відповідних сполук. При підвищенні температури в допустимому діапазоні [2] відбувається не розплавлення, а розчинення кристалів глюкози.

Дослідження [4] показали, що з підвищенням температури меду, що містить води 19%, з 20 до 30°С його в'язкість зменшується в 2,4 рази, а меду з водністю 16% - майже в 4 рази. Теплова потужність підігрівача теплоносія при позитивних температурах для теплової обробки меду до реалізації або довготривалого зберігання на камерне обладнання може бути визначена з рівняння теплового балансу:

$$Q_{об} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \text{ кВт} \quad (1)$$

- де  $Q_1$  - тепловий потік від меду, тари і стін камери;  
 $Q_2$  - тепловий потік через огорожувальні конструкції;  
 $Q_3$  - тепловий потік з теплим повітрям;  
 $Q_4$  - тепловий потік від різних джерел при експлуатації;  
 $Q_5$  - тепловий потік від персоналу.

Кількість теплоти, необхідну для розігріву меду загальною вагою  $m$  мед при завантаженні однієї камери визначимо за формулою:

$$Q_{мед} = C_{мед} * m_{мед} * (T_1 - T_2), \quad (2)$$

де  $C_{мед}$  - питома теплоємність меду, 2,3...2,428 кДж/(кг\*К);  $m_{мед}$  - маса меду в камері, кг;  $T_1$  - початкова температура меду, °С;  $T_2$  - кінцева температура меду.

Питому теплоту плавлення сахарози 36,84 кДж та глюкози 31,752 кДж врахувати не треба.

Кількість теплоти, необхідну для розігріву тари і стін камери визначаємо за аналогічними формулами.

Для визначення теплового потоку через огорожувальні конструкції використовуємо рівняння теплопередачі від повітря в камері до зовнішнього повітря крізь три шари матеріалу [5]:

$$k_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{Н}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{В}}}}, \quad (3)$$

де  $\alpha_{\text{Н}}$ ,  $\alpha_{\text{В}}$  - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої і внутрішньої сторони огорожі, Вт/(м<sup>2</sup> \* К);

$\delta_i$  - товщина будівельних шарів конструкції і теплоізоляційного шару, м;

$\lambda_i$  - коефіцієнт теплопровідності будівельних шарів конструкції, Вт/(м \* К).

Щільність теплового потоку через тришарову стінку з сендвіч панелей визначаємо за формулою:

$$q = k * (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}), \text{ Вт/м}^2. \quad (4)$$

Теплопритоки від освітлення розраховують за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = A * F * 10^{-3}, \quad (5)$$

де  $A$  – теплота джерел освітлення в одиницю часу на 1 м<sup>2</sup> площі підлоги;  $F$  - площа камери, м<sup>2</sup>.

Теплопритоки від перебування людей обчислюють за формулою:

$$q_{\text{люди}} = 0,35 \cdot n, \quad (6)$$

де 0,35 - питома тепловиділення одного вантажника, Вт/чол,  $n$  - кількість вантажників, чол.

Теплопритоки від працюючих електродвигунів обчислюють за формулою:

$$q_{\text{двиг}} = \frac{Nc}{s}, \quad (7)$$

де  $N$  - потужність одного двигуна, Вт,  $s$  - кількість двигунів, штук.

Теплопритоки від відкривання дверей обчислюють за формулою:

$$q_{\text{відкр.дв}} = KF \cdot 10^{-3}, \quad (8)$$

де  $K$  - коефіцієнт теплопритоку при одному відкриванні, Вт/м<sup>2</sup>,  $F$  - площа дверей, м<sup>2</sup>. Кількість теплоти  $Q_{\text{т.г.}}$ , необхідна для рекристалізації меду яка віддається повітрям з теплогенератора при його охолодженні до температури  $t_{\text{рк.м}}$ . визначається за формулою:

$$Q_{\text{т.г.}} = G_{\text{в}} * c_{\text{в}} * (t_{\text{тг}} - t_{\text{рк.м}}), \text{ кДж/с}, \quad (9)$$

де  $G_{\text{в}}$  - кількість повітря, кг/с;  $c_{\text{в}}$  - питома теплоємність внутрішнього повітря в робочій зоні камери,  $c_{\text{в}} = 1,005$  кДж / (кг \* К);  $t_{\text{тг}}$  - температура нагрітого в тепло- генераторі, °С;  $t_{\text{рк.м}}$  - температура в камері, °С.

Тоді кількість повітря, кг/с, яке необхідне для подачі цієї кількості теплоти буде:

$$G_B = (Q_{т.г.} / \tau) / (c_{в*}(t_{тг} - t_{рк.м})), \text{ кг/с}, \quad (10)$$

За даними розрахунку підбираємо теплогенератор і відцентровий вентилятор низького тиску.

Для інтенсифікації та покращення процесу рекристалізації швидкість відсмоктування повітря вище, ніж швидкість її подачі в камеру, за рахунок чого в камері створюється деякий розрядження.

**Висновки та перспективи.** Проведені теоретичні та експериментальні дослідження відповідності значень теплової потужності підігрівача теплоносія при позитивних температурах до різних видів технологічних операцій для теплової обробки меду до реалізації або довготривалого зберігання. Запропоновані аналітичні залежності, які можуть бути використані для розрахунку технологічних ліній.

#### Список використаних джерел

1. ДСТУ 4497:2005. Мед натуральний. Технічні умови. [Чинний від 2007-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 23 с.
2. Поляков В. Ю. Установление термической обработки натурального пчелиного меда при его фальсификации. *Вестник Приамурского университета*. 2014. № 3(16). С. 70-75.
3. Муратова Е. И., Артамонова Е. В Исследование влияния режимов темперирования на реологические свойства меда. *Вестник ТГТУ*. 2008. № 3, т. 14. С. 663-665.
4. Дідур В. А., Стручаев М. І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві: навч. посібник. Київ: Аграрна освіта, 2008. 233 с.



УДК 621.6:699.86

**ЯКІСТЬ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ****Стьопін Ю. О., к.т.н.****e-mail:**stepin2605@gmail.com*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м.**Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** Якісна теплова ізоляція трубопроводів веде до зменшення енерговитрат на опалення приміщень, тому розробка ефективних методів теплової ізоляції вкрай важлива, оскільки це дозволяє, в підсумку, знижувати й грошові ресурси.

**Основні матеріали досліджень.** Метою дослідження є перевірка теплоізоляційних якостей трубопроводів при різних варіантах розташування шарів теплоізоляції.

Кількість теплоти, яка витрачалась, визначалась не теплоізолюваним горизонтальним сталевим трубопроводом за секунду. Трубопровід був діаметром 40 см, висотою 1 метр, температура на поверхні труби складала не більше 60 °С, а температура зовнішнього повітря 20 °С.

За допомогою повітряного електронагрівача підтримувалася постійна температура в трубі. Алюмінієва фольга з шаром полістіролу використовувалася як теплоізолюючий матеріал. Теплоізоляційний шар прийнятий стандартним: 5 та 10 мм. Швидкість потоку повітря у трубі була 2,2 м/с.

Визначені температури повітря на поверхні та всередині трубопроводу при різному розташуванні шару теплоізоляції. Температура навколишнього середовища при експериментах складала 20 °С. Кожні 10 хв проводилися заміри температури нагріву. За 40 хвилин температура була сталою.

Методика розрахунку теплових втрат може бути використана при проектуванні теплоізоляції трубопроводів.

Таблиця 1

**Дані вимірів температури (поверхня спрямована в оба боки)**

Товщина теплоізоляції	Точка контролю температури повітря	Температура повітря				
		0 хв	10 хв	20 хв	30 хв	40 хв
5 мм	на поверхні трубопроводу	20,0	24,1	25,8	26,2	27,0
	всередині трубопроводу	20,0	44,7	47,6	50,8	52,2
10 мм	на поверхні трубопроводу	20,0	23,4	24,2	24,8	25,2
	всередині трубопроводу	20,0	48,1	54,1	59,4	62,0

**Висновки.** Втрати тепла горизонтального трубопроводу із сталі, що теплоізолюваний з покриттям алюмінієвою плівкою, зверненої в оба боки знизилася на 10 % в порівнянні з тепловими втратами горизонтального сталевих трубопроводу, який теплоізолюваний покриттям алюмінієвою плівкою, зверненої назовні та на 7 відсотків – порівняно з тепловими втратами трубопроводу при теплоізоляції всередину трубопроводу.

УДК 621.176

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ****Бурцева С. О., магістр**  
**Постол Ю. О., к.т.н., доцент****e-mail:** burtsevasophia@gmail.com**e-mail:** yuliapostol111@gmail.com*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** Питання енергозбереження та економного використання палива, води та енергії є одними з актуальних та пріоритетних проблем розвитку сучасної України, тому необхідно проведення раціональної політики енерговикористання господарювання у всіх галузях народного господарства.

**Основні матеріали дослідження.** Згідно приказу «Про затвердження примірного переліку заходів в галузі енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності» необхідно активно проводити заходи щодо збільшення використання у якості джерел енергії вторинних енергетичних ресурсів та (або) поновлювальні джерела енергії (ПДЕ) [1,2]. Зокрема, пропонується:

1. Збільшити виробництво електроенергії, використовуючи поновлювальні джерела енергії, такі як енергія вітру та сонця, а також їх комбінацію;

1.1. Сприяти будівництву малих гідроелектростанцій, а також геотермальних джерел енергії у місцях можливого їх користування.

2. Встановлювати теплові насоси (ТН) та облаштовувати теплонасосні станції для опалення та гарячого водопостачання жилих будинків і виробничих об'єктів тепловою енергією, що накопичується приповерхневим ґрунтом і атмосферним повітрям, а також використовувати ТН для оптимізації встановленої потужності теплових електростанцій і котелень.

Потенціал вторинних енергетичних ресурсів та поновлювальних джерел енергії до середини теперішнього століття зможе покрити близько 50% світової потреби у енергетичних ресурсах. У теперішній час за рахунок поновлювальних джерел енергії задовольняється лише близько 4% попиту. Тільки в одній Німеччині, у якій активно просувається політика використання поновлювальних джерел енергії, потенціал складає 8700 ПДж у рік, що відповідає 60% сьогоdnішнього рівня споживання первинних енергоресурсів. Технічний потенціал виробництва електричної енергії з використанням ПДЕ складає, по оцінкам міністерства 525 ТВт.год в рік, що відповідає сучасному загальному об'єму виробництва електричної енергії у Німеччині. У теперішній час він використовується приблизно на 5%. У випадку повного використання у Німеччині потенціалу поновлювальних джерел енергії, економія може скласти приблизно 3600 ПДж копалин енергоресурсів, що складає приблизно 70% енергії, одержуваної кінцевим споживачем [3].

Теплові насоси (ТН) сприяють зменшенню використання органічного палива шляхом заміщення первинної енергії вторинними енергетичними ресурсами, є одними з перспективних напрямків розвитку сучасної енергетики і знаходиться в центрі уваги зарубіжних та вітчизняних дослідників. В країнах Європи та Америки теплові насоси використовуються більш 30 років для теплоспоживання жилих та офісних будівель, а також різноманітних приміщень. Найбільші енергетичні компанії займаються проектуванням, виготовленням та впровадженням теплових насосів. Міжнародне Енергетичне Агентство (МЕА, латинська аббревіатура IEA), у яке асоційованими членами входять 28 енергетично розвинених країн і ціллю діяльності якого є забезпечення енергетичної безпечності та пошук екологічної ситуації, становиться головним координатором політики впровадження теплових насосів.

Досвід зарубіжних країн з подібними кліматичними умовами, такими як Швеція, Фінляндія та Німеччина доказує доцільність застосування теплових насосів в умовах Північно – Західного регіону нашої країни для різних потреб.

У Японії та США при отриманні дозволу на будівництво громадських будівель обов'язковою умовою є використання поновлювальних джерел енергії, зокрема теплонасосних систем.

Застосування теплових насосів у комплексі з традиційною системою теплопостачання для систем опалювання, кондиціювання і вентиляції крупних об'єктів забезпечують повну автономність зон регулювання та суттєву економію паливно – енергетичних ресурсів навіть при використанні традиційних джерел енергії. Система складається з замкнутого контуру теплоносія, температура у якому підтримується за допомогою геотермального котла або за допомогою теплових електростанцій, котельнь, сонячних водонагрівачів, а температурний режим у кожній зоні забезпечується за допомогою теплових насосів [4]. Такими системами обладнані практично усі багатоповерхові будівлі у Японії і у США.

Австрійським енергетичним агентством була проведена оцінка найвідоміших у Європі моделей геотермальних насосів і максимальну оцінку отримали теплові насоси компаній Австрії та Швеції.

Спеціалісти компанії TMEnergy розробили більш 30 готових до реалізації енергоефективних рішень для автономного і безпечного опалення таборів, санітарно – профілактичних корпусів і пансіонатів, а також павільйонів поштових служб, які стоять окремо, і автозаправні станції. У 2014 році був розроблений новий проект – модернізація дизельних котельнь з застосуванням теплових насосів Dimplex, у якому дизельний котел виконує роль допоміжного обладнання у бівалентному режимі. Цей проект знайшов широке застосування для об'єктів муніципальних підприємств, таких як школи, дитячі сади, медичні корпуси, а також для заміських будинків і котеджів [5].

**Висновки.** Підвищення ефективності теплових насосів за рахунок вдосконалення їх робочих циклів і схем складає основу сучасних випробувань. У цілому термодинамічна досконалість зворотних циклів теплових насосів у значній мірі визначає техніко – економічну і екологічну ефективність.

#### Список використаних джерел

1. Про енергозбереження: Закон України від 1 липня 1994 р. № 74/94-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 05.05.2020).
2. Постол Ю., Закревський Д. Реалізація політики з енергозбереження. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: матеріали VI Всеукр. наук. - техн. Інтернет-конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. VI. С. 17-20.
3. Елистратов С. Л. Комплексное исследование эффективности тепловых насосов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Новосибирск. 2011. 39 с.
4. Пособие к СниП 23-01-99. URL: <http://www.gosthelp.ru/text/PosobieKSNiP230199Stroite.html> (дата звернення: 05.05.2020).
5. Энергосбережение в ЖКХ: учеб.-практич. пособие / под ред. Л. В. Примака, Л. Н. Чернышова. Москва: Академический проект; Альма Матер, 2011. 622 с.

УДК 621.374:636.22/28

## ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ БІОТРОПНИХ ПАРАМЕТРІВ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЕМП ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

Попрядухін В. С., к.т.н., доцент

e-mail: vadim05051988@gmail.com

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

### Актуальність та постановка проблеми.

Кризовий стан в тваринництві України характеризується спадом виробництва молока і м'яса за рахунок безпліддя маткового поголів'я корів. Однак, терапевтична ефективність використання лікувальних засобів доволі низька, оскільки при призначенні лікувальних заходів не враховується складний багатокомпонентний комплекс в регуляції статевої функції і динаміка утримання гормональних рецепторів і чутливості відповідних компонентних структур. Крім того, антибіотики, якщо потрапляють у організм людини через молоко і м'ясо корів, пригнічують імунітет, вражають печінку та інші органи, що призводить до різних хвороб. Тобто немедикоментозне лікування яєчників у корів є актуальною задачею.

**Основні матеріали дослідження.** Для визначення біотропних параметрів необхідно було теоретично визначити розподіл ЕМП при різних частотах і експозиціях випромінювання, різної щільності потоку потужності [2].

Модель яєчників корови модулюється сфероїдом обертання (рис. 1), заповненого ізотропним середовищем з діелектричної проникністю і магнітною проникністю.

В результаті дифракції електромагнітної хвилі на яєчнику корови виникає вторинне ЕМП (поле дифракції) з векторами напруженості електричного і магнітного полів (знак «+» відповідає полю всередині яєчника, а знак «-» зовні яєчника) [2].

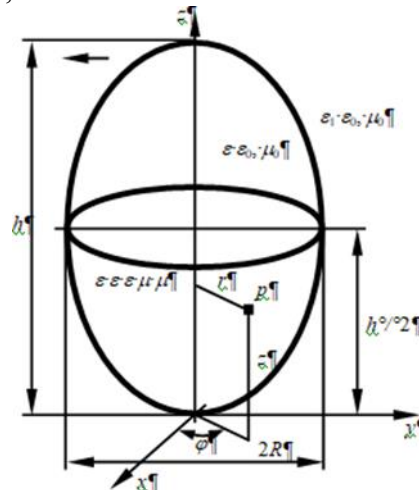
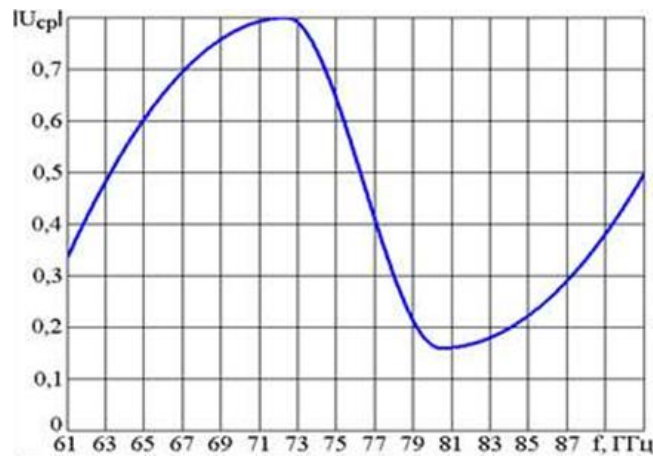


Рис. 1. Електродинамічна модель яєчника корови

Вторинне ЕМП повинно задовольняти однорідної системи рівнянь Максвелла як всередині яєчника, так і зовні. В ході математичних розрахунків впливає, що найбільш перспективним для ефективної взаємодії ЕМВ з яєчниками корови є діапазон частот, де [1]. З огляду на середньостатистичні геометричні розміри яєчників цей діапазон можна визначити як  $61 \text{ ГГц} \leq f \leq 151 \text{ ГГц}$ . На рис. 2 представлені результати розрахунків залежності середнього поля від частоти збуджуючої хвилі.



**Рис. 2.** Залежність від частоти середнього значення електричного поля нормованого на амплітуду збуджуючої хвилі

Геометричні параметри яєчника були наступні:  $2R = 20$  мм,  $h = 40$  мм. Як видно з рис. 2, частотна залежність середнього поля має резонансну поведінку. Максимальне значення середнього поля досягається на частоті  $f = 72,2$  ГГц. Це значення частоти збуджуючої електромагнітної хвилі є оптимальним для ефективної взаємодії ЕМВ з яєчниками корови. Отриманий результат пояснює вибір цієї частоти в якості одного з біотропних параметрів. З цих міркувань всі подальші розрахунки проводилися саме для цієї частоти. Для розрахунку величини потужності ЕМВ и часу опромінення яєчників корів, для пригнічення патогенних мікроорганізмів в ній, була використана модель руйнування мембран мікроорганізмів (коків) під дією наведення критичного потенціалу [3].

При проведенні чисельних розрахунків враховувалося, що наведений потенціал дорівнює 110...115 мВ. В результаті розрахунків було встановлено, що експозиція становить  $t = 70$  с, а напруженість електричного поля  $E = 44,88$  В/м.

**Висновки.** Отримані біотропні параметри інформаційного ЕМП КВЧ діапазону довжин хвиль для лікування хвороби яєчників маточного поголів'я ВРХ, визначена потужність джерела ЕМВ, експозиція опромінення.

#### Список використаних джерел

1. Черенков А. Д. Воздействие низкоэнергетических электромагнитных измерений на мембранный потенциал и объем клеток биологических объектов. *Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы*. Киев: ТЕС, 2000. С. 152-155.
2. Попрядухин В. С. Анализ распределения электрического поля в больных яичниках коров. *Science Rise*. 2017. № 1/2 (30). С. 26–31.
3. Попрядухин В. С. Определение оптимальных параметров электромагнитного излучения для угнетения патогенных микроорганизмов, вызывающих воспаления яичников КРС. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України*. 2016. Вип. 176. С. 91–93.

УДК 621.7:535.417

## ЛАЗЕРНО-ИНТЕРФЕРЕНЦІЙНИЙ КОНТРОЛЬ МЕТАЛО-КОМПОЗИЦІЙНИХ З'ЄДНАНЬ

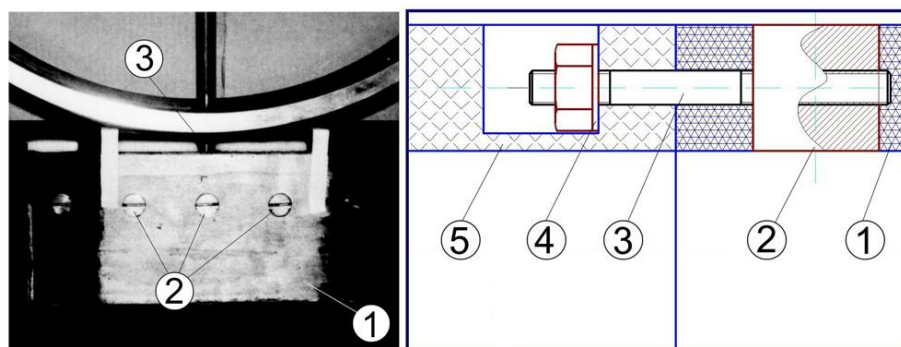
**Кесарійський О. Г., к.т.н.****e-mail:** algeo57k@gmail.com*ООО Лаборатория комплексных технологий***Постол Ю. О., к.т.н., доцент****e-mail:** yuliapostol111@gmail.com*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м.**Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** Композиційні матеріали знайшли широке застосування в різних галузях сучасного машинобудування, що пояснюється їх високими питомими фізико-механічними характеристиками, гарною стійкістю до дії агресивних середовищ, можливістю цілеспрямованого управління структурою матеріалу на стадії виготовлення деталей з урахуванням робочих навантажень на конструкцію.

В енергетичному машинобудуванні композиційні матеріали використовуються як у конструкціях, що сприймають статичні навантаження, наприклад, газгольдерах, так і у динамічно навантажених агрегатах, наприклад, лопатевих роторах вітроенергетичних установок. Важливими елементами таких конструкцій є вузли кріплення, що найчастіше виготовляють із застосуванням закладних металевих деталей. Якщо для статично навантажених систем ці вузли рідко можуть бути причиною аварійного руйнування конструкцій, то метало-композиційні з'єднання динамічно навантажених систем потребують всебічного контролю, як на стадії виготовлення, так і в процесі експлуатації.

**Основні матеріали дослідження.** Традиційні засоби визначення напружено-деформованого стану метало-композиційних з'єднань, наприклад, за допомогою методів електротензометрії погано пристосовані для таких вимірювань, оскільки структура більшості композиційних матеріалів не дозволяє забезпечити правильне кріплення тензодатчиків. Окрім того, такі вузли характеризуються наявністю зон високоградієнтних деформацій, де застосування тензодатчиків пов'язане з істотним спотворенням інформації про параметри, що вимірюються. Вирішення таких задач потребує використання більш інформативних методів вимірювання, що дозволяють реєструвати ПОЛЯ переміщень або деформацій. На прикладі застосування методів лазерної інтерферометрії продемонстрована ефективність такого підходу.

На рис.1 показано метало-композиційне з'єднання, що досліджувалося, та ескіз його перерізу по осі шпильки.



1- композиційна панель, 2- металеві штифти, 3- шпилька, 4- гайка, 5 - металевий фланець

Рис. 1. Об'єкт дослідження

Для проведення досліджень використовувався метод, що суміщує голографічну та спекл-інтерферометрію [1]. Зусилля на з'єднання створювалось шляхом затягування гайок з контролем моменту затягування. На рис.2 наведено результати, отримані на одному з етапів дослідження. Інтерферограма (див. рис.2а) отримана методом подвійної експозиції при зміні

момента затягування з 75 Н\*м до 80 Н\*м. Локалізація інтерференційних смуг дозволяє встановити, що перед штифтом, в напрямку дії тянучого зусилля, формується зона локального деформування з виникненням часткового розриву шарів композиційного матеріалу. На інтерферограмі ця зона відповідає лінії різкої зміни просторової частоти інтерференційних смуг. По лінії безпосереднього контакту штифта і композиційної панелі спостерігається локальне руйнування матеріалу панелі. Поздовжнє зміщення штифта у напрямку дії зусилля на шпильку призводить до виникнення серповидного зазору між штифтом та композиційним матеріалом, що є результатом стискання композиційного матеріалу поперед штифта, яке супроводжується виникненням деформаційного "пагорба".

Розшифровка інтерферограми дозволяє отримати просторове поле переміщень, яке може бути візуалізоване у найбільш інформативному вигляді. На рис.2б наведено поле переміщень у площині поверхні композиційної панелі. Поле векторів дозволяє встановити, що штифт зміщується з перекосом відносно осі шпильки, а величина його переміщень істотно вища ніж у композиційного матеріалу у зоні контакту. Це свідчить про те, що матеріал панелі мнеться поперед штифта.

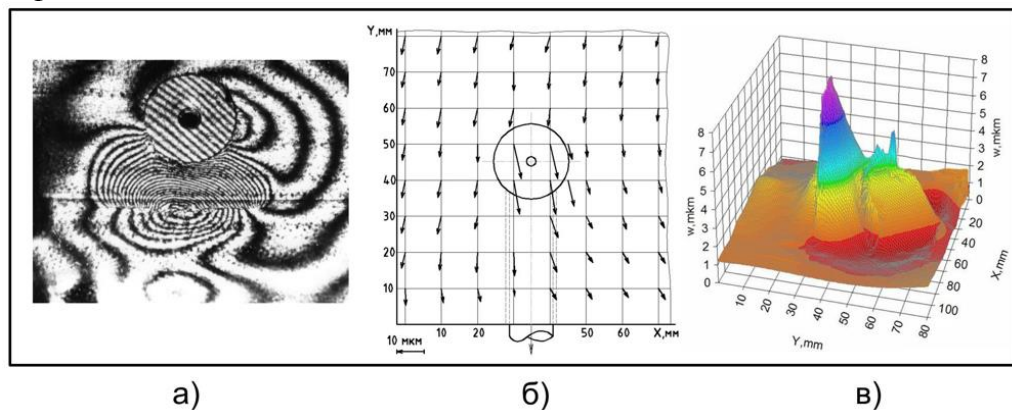


Рис. 2. а)- інтерферограмма деформування з'єднання, б) - поле переміщень у площині, в) - 3D графік переміщень в напрямку нормалі до площини панелі.

На рис.2 (в) наведено об'ємне зображення поля переміщень елементів з'єднання за яким можна зробити висновок, що конструктивне рішення, реалізоване у розглянутому виробі не є оптимальним і його експлуатація може привести до руйнування, особливо у випадку дії імпульсних, циклічних та знакозмінних навантажень.

**Висновки.** Проведені дослідження показали високу ефективність застосування лазерно-інтерференційних методів для пошуку шляхів вдосконалення конструкцій [2].

#### Список використаних джерел

1. Капустин А. А. Методы, использующие голографическую интерферометрию для спекл-интерферометрических измерений. *Применение спекл-интерферометрии для контроля качества промышленных изделий*. Горький: ГФ. ВНИИМАШ, 1980. С. 45–53.
2. Кесарийский А. Г., Постол Ю. А., Сатокин В. В. Исследование деформирования резьбового соединения головки и блока цилиндров поршневого двигателя. *Двигатели внутреннего сгорания*. 2010. № 1. С. 51–53.

УДК 631.348.455

## ОХОЛОДЖЕННЯ КАРКАСНИХ ТЕПЛИЦЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОАЕРОЗОЛІВ

**Діордієв В. Т., д.т.н.****Кашкар'єв А. О., к.т.н.****Сабо А. Г., к.т.н.***Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна***e-mail:** volodymyr.diordiiev@tsatu.edu.ua**e-mail:** anton.kashkarov@tsatu.edu.ua**e-mail:** andriy.sabo@gmail.com

**Актуальність та постановка проблеми.** Приватне овочівництво закритого ґрунту має вагомий вплив на продовольчу та соціальну безпеку України. Доступність електротехнологій дозволить підвищити ефективність ведення бізнесу малих та сімейних господарств [3]. Досягти поставленої мети можливе шляхом охолодження теплиці на основі дрібнодисперсного зволоження [6, 7], що відбуватиметься без підвищення тиску води, компресорів, фільтрів, спеціальних форсунок [4]. Такий підхід повинен суттєво зменшити капітальні витрати на впровадження технології у дрібного виробника. Саме тому, за переконанням авторського колективу, проектна вартість електротехнічного комплексу повинна бути не більше 150\$.

Основною метою роботи над комплексом є підвищення ефективності ведення бізнесу малих та сімейних господарств, які займаються овочівництвом закритого ґрунту шляхом зниження температури до оптимального значення для перебігу фотосинтезу.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати задачу проекту є розробка електротехнічного комплексу туманоутворення для теплиць малих підприємств на основі електроаерозольної технології.

**Основні матеріали дослідження.** Необхідність зниження температури у каркасних теплицях обумовлена зниженням інтенсивності фотосинтезу при температурах більше 30°C, що призводить до пригнічення рослин [7]. На практиці цю проблему вирішують провітрюванням, що сприяє проникненню шкідників та ураження рослин хворобами. Проблема набирає актуальності для південних регіонів України, в яких розповсюджено овочівництво закритого ґрунту: Запорізька область (47°29'12"C/ 34°30'23"В; 47°25'33"C/ 34°37'20"В; 47°25'42"C/ 34°41'18"В; 47°29'11"C/ 34°25'16"В; 47°26'23"C/ 34°21'2.49"В), Херсонська область (46°16'2"C/ 33°24'24"В; 46°22'C/ 33° 6'41"В; 46°29'31"C/ 32°58'27"В; 46°39'45"C/ 32°53'48"В; 46°38'59"C/ 32°50'27"В), Дніпропетровська область (47°33'C/ 34°9'14"В; 47°33'10"C/ 34°13'40"В), Одеська область (45°31'7"C / 29° 7'18"В). На міжнародному ринку проблема розповсюджена серед виробників, які мають схожу технологію овочівництва закритого ґрунту: Туреччина (Анталія), Іспанія (Альмерія), Ізраїль (долина пустелі Арава), Марокко та ін. Шляхи вирішення даної проблеми – охолодження кондиціонуванням або туманоутворенням.

Для даного діапазону температур поширення набуло туманоутворення. Ознайомитись із обладнанням та вартістю технології можна на сайтах провідних компаній, які презентують готові технологічні рішення (представники в Україні: [www.poliv-tuman.com.ua](http://www.poliv-tuman.com.ua); [www.fogfresh.com.ua](http://www.fogfresh.com.ua)) [6, 7].

Альтернативний шлях використання даної технології у малих господарствах – встановлення аерозольного генератора (<http://radugatumana.ru>, <http://longray.com.ua>, <http://smbure-foggingmachine.com>, <http://igeba.org.ua>). Аерозольні генератори, які забезпечують ефективне туманоутворення мають високу вартість (від 20 тис.грн) та певні особливості в експлуатації. Спільною вимогою до систем туманоутворення є якість води, яка не повинна містити механічні включення.

Основна виробнича актуальність і напрями наукової діяльності обумовлені зносом форсунок, підготовкою води, удосконалення вузлів насосів, обґрунтування кількості форсунок та аерозольних генераторів [1, 2].



Звернувши увагу на роботи Лекомцева П.Л. [5] було запропоновано використання електроаерозольних технологій, що дозволить знизити тиск води та вимоги до очищення води, виключити з технології компресори та спеціальні форсунки, спростити гідравлічну схему.

Основна гіпотеза полягає у зарядженні часток аерозолі зарядом більше максимального, що призведе до їх подрібнення за рахунок електростатичних сил та поліпшить випаровування [5]. При цьому забезпечується зміна фазового стану води без осадження часток аерозолі на рослини та елементи каркасу, а також електростатичне розширення аерозольної хмари.

Робота над електротехнічним комплексом має і наукову новизну, яка полягає у дослідженні взаємодії електроаерозолі та параметрів мікроклімату (температура та вологість повітря) у теплицях, що на відміну від відомих результатів досліджень має за мету максимізацію об'ємного випаровування.

**Висновки.** Виконання досліджень за цим напрямом мають виробничу потребу та сприяють продовольчій безпеці України та світу. Проблема максимального об'ємного випаровування електроаерозолі полягає у тому, що заряджений аерозоль осаджується швидше ніж не заряджений. У зв'язку з чим необхідно шукати шляхи інтенсифікації просторового розсіювання та уповільнення осадження.

### Список використаних джерел

1. Lychnos G., Davies P. A. A Solar Powered Liquid-Desiccant Cooling System for Greenhouses. *Acta horticulturae*. 2008. P. 95-101. DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.797.11.
2. The Usage of Electricity Charged Aerosol for Green-house Cooling: Problems and Prospects / A. Kashkarov, V. Diordiiev, A. Sabo, G. Novikov, O. Diordiiev. *Modern Development Paths of Agri-cultural Production. Trends and Innovations*. Springer Nature Switzerland. 2019. P. 355-364. DOI: 10.1007/978-3-030-14918-5\_37.
3. Кашкаръов А. О., Діордієв В. Т. Керування параметрами мікроклімату теплиці на основі прямого спалювання біологічної маси. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2014. Вип. 14, т. 2. С. 86-93.
4. Кашкарев А. А., Назаренко И. П., Диордиев В. Т., Диордиев А. А. Электротехнологический комплекс для охлаждения теплиц. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Вип. 186. Харків, 2017. С. 121-122.
5. Лекомцев П. Л. Электроаэрозольные технологии в сельском хозяйственном производстве: дис. ... докт. техн. наук : 05.20.02. Москва, 2006. 314 с.
6. Туманообразование. *Официальный сайт компании Rain&Fog*. URL: <http://www.poliv-tuman.com.ua/904-2/> (дата звернення 22.05.2020).
7. Система туманообразования для теплиц. URL: <http://www.fogfresh.com.ua/agriculture.htm> (дата звернення 22.05.2020).

УДК 630.221

## ЗАСТОСУВАННЯ LORAWAN ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ БОРОТБИ З НЕЗАКОННИМИ ВИРУБКАМИ ЛІСОСМУГ

**Накалюжний Д. А., магістр****e-mail:** d\_nakaliuzhnyi\_d198@ol.com**Курашкін С. Ф., к.т.н.****e-mail:** stones@ukr.net*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** У зв'язку з економічним становищем, в останні роки на півдні України набула значних обертів тенденція вирубування лісозахисних насаджень. Державними інспекторами з охорони навколишнього середовища регулярно фіксуються факти незаконних порубок. Захисні польові насадження виконують природоохоронні функції – захищають ґрунт, дороги, населені пункти від засухи, вітру, ерозії, а також поліпшення кліматичних та гідрогеологічних умов місцевості. Так, наприклад, через вітрову ерозію родючого шару ґрунту щорічно втрачається 10-12 млн. тон зерна [1].

В зв'язку з цим, є актуальним вирішення проблеми незаконної вирубки лісоугідь і лісосмуг – потрібні пристрої автономного моніторингу, які у разі спроби порубки своєчасно сигналізуватимуть відповідальним службам про факт порушення. Основні вимоги, що висуваються до таких пристроїв: мінімальні експлуатаційні витрати; оперативність отримання необхідної інформації; тривалий час роботи в автономному режимі.

Найбільш сприйнятливим заходом є дистанційне діагностування акустичною обстановкою в місці розташування пристрою.

**Основні матеріали дослідження.** Існують декілька способів дистанційного моніторингу території, які застосовуються пожежними службами – візуальний контроль, відеоконтроль, аерозйомка, однак ці методи малоприменні для вирішення поставленої задачі.

Найбільш перспективною є спосіб раннього попередження незаконної події за допомогою акустичного моніторингу за допомогою радіочастотної технології без участі людини. Такий метод є автономним, оперативним, відсутній оператор-людина.

Моніторинг за допомогою мережі Wi-Fi не є доцільним, оскільки ця технологія має незначну дальність дії (до 50 м від точки доступу) і у віддалених місцях не працює.

Передача даних за допомогою протоколу PLC (Power Line Communication) передбачає наявність лінії електропередачі, до якої приєднується пристрій моніторингу – це унеможливило його скритне встановлення.

Для передачі та приймання інформації можливо застосування існуючої мобільної GSM (Global Service Mobile) мережі [2] з трансляцією в мережу Internet або локальну мережу, але з точки боку автономності цей спосіб є спірним.

Заслуговує уваги технологія для збирання і обробки даних від розподілених датчиків – LoRaWAN, яка має далекий радіус дії. Зв'язок між датчиками і базовою станцією (шлюзом), яка передає данні на сервер або в Internet, відбувається по радіоканалу на частоті 433 МГц або у смузі частот 864-865 і 868,7-869,2 МГц [3].

Низька потужність та великі інтервали між передачами даних роблять такі датчики неймовірно енергоефективними – вони можуть працювати від однієї батареї 5-7 років, а іноді навіть більше.

Контроль акустичної складової дозволяє виділяти з природнього аудіоспектру звуку бензопили, автотранспорту. Для цього до складу кожного пристрою моніторингу входить чуттєвий мікрофон з програмною обробкою. Дослідження, що проводилися в [4] підтверджують можливість фіксувати звуки бензопили в радіусі до 500-700 м, яка має частоту роботи двигуна на низьких обертах 100–300 Гц, на максимальних 5-8 кГц. Звукова хвиля, що перетворюється мікрофоном в електричні коливання, підсилюється, перетворюється за допомогою аналого-цифрового пристрою і мікроконтролера (рисунок 1).



Рис. 1. Структурна схема пристрою акустичного моніторингу

Радіочастотний модуль LoRaWAN передає отриману і оброблену інформацію до базової станції та далі на WEB-сервер до бази даних, де зберігаються необмежено в часі, відсилає SMS повідомлення інспекторам з охорони навколишнього середовища, що контролюють певну територію. Сигнал від кожного пристрою персоналізований, тому одразу після отримання сигналу оперативні працівники знають в який район необхідно виїздити для попередження злочину.

Встановлення пристроїв акустичного моніторингу здійснюється скритно на деревах, з урахуванням особливостей місцевості.

**Висновки.** Запропонований спосіб акустичного моніторингу у зв'язку з економічною технологією LoRaWAN дозволить оперативно вирішувати проблему з незаконною виробкою лісосмуг і оперативним затриманням порушників.

#### Список використаних джерел

1. Про ситуацію з незаконною вирубкою лісосмуг та заходи щодо її припинення. URL: <http://mykdei.gov.ua/novyny/321-pro-situatsiyu-z-nezakonnoyu-virubkoju-lisosmug-ta-zakhodi-shchodo-jiji-pripinennya-2> (дата звернення: 22.05.2020).
2. Курашкин С. Ф. Система дистанционного диагностирования режимов работы электродвигателей погружных насосов. *Праці Таврійського державного агротехнічного університету*. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 2. С. 106–110.
3. LoRaWAN Range Part 2: Range and Coverage of LoRaWAN in Practice. URL: <https://smartmakers.io/en/lorawan-range-part-2-range-and-coverage-of-lorawan-in-practice/> (дата звернення: 22.05.2020).
4. Method of monitoring of illegal tree felling with the use of radio-frequency devices and wireless sensor network / S. Sannikov et al. *Systems. Methods. Technologies*. 2017. № 1 (33). P. 118-123.

УДК 631.317:621.313

## ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ ПРИВОДУ МОТОБЛОКА

Ковальов О. В., ст. викладач

e-mail: alekstdaty1979@gmail.com

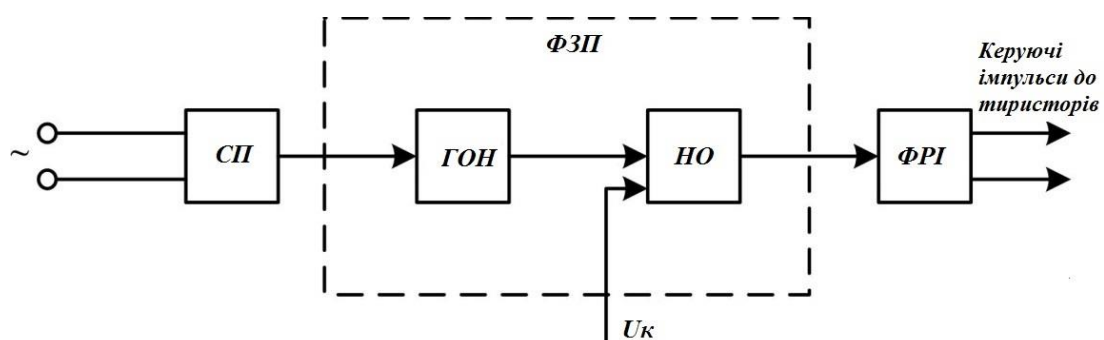
Сідельников Б. Ю., студент 31 ЕЕ групи

e-mail: bogdansidelnikov@gmail.com

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

**Актуальність та постановка проблеми.** Створення в Україні електрифікованих енергоефективних засобів малої механізації (мотоблоків, міні-тракторів, агромодулів та ін.) є актуальним питанням [1]. Обґрунтуванню структури та розробці системи керування електроприводами мобільної техніки присвячені публікації [2,3]. Метою дослідження є обґрунтування структури одноканальної системи імпульсно-фазового керування в електроприводі ґрунтообробного мотоблоку.

**Основні матеріали дослідження.** В наш час найбільшого поширення набули системи імпульсно-фазового керування (СІФК) тиристорним електроприводом постійного струму, які можуть бути одноканальними та багатоканальними, розімкненими та замкненими зі зворотнім зв'язком. Функціональна схема одноканальної розімкненої СІФК приведена на рис. 1.



СП – синхронізуючий пристрій, що забезпечує синхронізацію формування керуючих імпульсів з напругами тиристорних гілок; ФЗП – фазозсувний пристрій, призначений для зміни часового положення керуючих імпульсів відносно напруг тиристорних гілок; ФРІ – пристрій, що формує керуючі імпульси та розподіляє їх по тиристорам;  $U_k$  – постійна напруга керування

Рис. 1. Функціональна схема системи імпульсно-фазового керування

Системи імпульсно-фазового керування тиристорних перетворювачів повинні задовольняти цілому ряду вимог, таких як надійність, простота пристрою і експлуатації та інші.

Специфічні вимоги до СІФК діляться на дві групи. Перша група вимог відноситься до вихідних пристроїв (ВРІ), та регламентує параметри керування імпульсами з умови надійного включення тиристорів в тій чи іншій схемі ТП при обмеженні потужності розсіювання на керуючому переході тиристора, зокрема, амплітуду і тривалість імпульсів. Сюди ж відносяться вимоги чіткості моменту відкриття тиристорів, яка задається крутизною переднього фронту імпульсів або швидкістю наростання струму управління. Мінімально необхідна тривалість імпульсу повинна бути більше часу включення тиристора, яке становить 5...20 мкс. Крім того, за час існування імпульсу, струм в анодному ланцюзі тиристора повинен встигнути нарости до струму утримання. Доцільно застосовувати імпульси тривалістю 8...10<sup>0</sup> (□ 500 мкс). Крутизна переднього фронту напруги керуючого імпульсу повинна бути високою для забезпечення швидкого наростання струму управління, чіткого відкриття тиристора і зменшення втрат при включенні. Особливо високі вимоги до крутизни імпульсів при послідовному і паралельному

з'єднанні тиристорів, так як недостатня крутизна призводить до їх не одночасного відкриття, і, як наслідок, до виходу їх з ладу. Керуючий імпульс повинен формуватися так, щоб крутизна переднього фронту імпульсу становила  $0,2 \dots 2,0$  А/мкс.

Друга група вимог визначає необхідний максимальний діапазон регулювання кута регулювання. Асиметрія імпульсів визначається відхиленням інтервалу між ними в сталому режимі від  $2\pi/m$ . Причиною несиметрії імпульсів в основному є технологічний розкид параметрів каналів СІФК, включаючи ланцюги синхронізації.

Асиметрія сучасних СІФК не повинна перевищувати  $2^\circ$ . Необхідний діапазон зміни фази керуючих імпульсів визначається силовою схемою ТП, режимами його роботи та характеристиками навантаження. Для нереверсивних ТП, працюючих тільки в випрямному режимі, максимальний діапазон зміни кута управління не повинен перевищувати  $90-100^\circ$ .

Граничний максимальний кут управління  $\alpha_{max}$  залежить від кута комутації  $\gamma$  та кута запасу  $\delta$ , відповідного часу відновлення замикаючих властивостей тиристорів і враховує найбільш можливе значення асиметрії імпульсів, і дорівнює

$$\alpha_{max} = \pi - (\gamma + \delta). \quad (1)$$

Мінімальний кут управління  $\alpha_{min}$  визначає максимальну випрямлену напругу і може дорівнювати нулю у всіх нереверсивних схемах. У реверсивних схемах мінімальний кут управління визначається наступним чином

$$\alpha_{min} = \gamma + \delta. \quad (2)$$

Регульовальна характеристика СІФК визначає залежність  $\alpha = f(U_k)$ , де  $U_k$  – напруга керування СІФК.

**Висновки.** Потужність керування ТП визначається рівнем сигналу, який подається на вхід фазозсувного пристрою СІФК. Для сучасних систем керування рівень цього сигналу не перевищує 10В, 5мА. Вимога завадозахищеності по каналу синхронізації впливає з умови надійності роботи СІФК при наявності спотворень в кривій напруги живлення, що виникають в наслідок роботи ТП та інших навантажень.

#### Список використаних джерел

1. Ковальов О. В., Куценко Ю. М., Назар'ян Г. Н. Розрахунок потужності та вибір тягового електродвигуна приводу мотоблока. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2010. Вип. 10, т. 8. С. 228-238.
2. Ковальов О. В., Квітка С. О. Обґрунтування способу керування ДПС приводу мотоблоку. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2016. Вип. 175. С. 146-147.
3. Квітка С. О., Ковальов О. В. Обґрунтування системи керування електроприводом ґрунтообробного мотоблоку. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Механізація та автоматизація виробничих процесів*. Суми, 2016. Вип. 10/1 (29). С. 183-186.

УДК 631.372

**ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ МІНІ-ЕЛЕКТРОТРАКТОРА****Ковальов О. В., ст. викладач****e-mail:** alekstdaty1979@gmail.com**Копосов А. Д., студент 12 МБЕЕ групи****e-mail:** akoposov7@gmail.com*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** Аналіз світових тенденцій розвитку транспортних систем показує, що вдосконалення техніки здійснюється в напрямку енергозбереження, ресурсозбереження та створення машин з екологічно безпечними параметрами [1].

В останні роки електропривод постійного струму почав витіснятися приводом на асинхронних двигунах як на більш надійних та дешевих. Проблемою асинхронного приводу є складність у його регулюванні. В свою чергу електропривод постійного струму має більш прості алгоритми регулювання. В роботі [2] проведено обґрунтування типу та визначення потужності електродвигуна приводу агро модуля, для приводу якого запропоновано тяговий електродвигун постійного струму послідовного збудження.

В роботі [3] проведено розрахунок потужності та вибір тягового електродвигуна приводу малогабаритного ґрунтообробного мотоблоку, де в якості приводного двигуна також запропоновано двигун постійного струму. Використання електричної енергії є одним з напрямків підвищення економічності та екологічності транспортних засобів. Тому дослідження можливості її застосування в сільськогосподарських машинах є актуальною темою.

**Основні матеріали дослідження.** Для ефективної обробки сільськогосподарських ділянок, в невеликих фермерських та аграрних господарствах, успішно використовується така компактна, але багатофункціональна техніка, як міні-трактор. Ця машина здатна виконувати такі види робіт, як оранка легких ґрунтів, боронування і культивуація, міжрядний обробіток картоплі і буряка, внесення мінеральних добрив, покіс трав, прибирання вулиць та територій від сміття та снігу, транспортування вантажів, засипка ям і траншей.

Зазвичай на міні-трактори ставлять дизельні двигуни, рідше бензинові двигуни. Один з альтернативних варіантів підвищення екологічності, а також підвищення техніко-економічних показників – це застосування електродвигунів постійного струму послідовного збудження (ДПС ПЗ), які мають відносно прості способи регулювання швидкості та підтримують тягове зусилля [4]. Ефективність використання електрифікованих мобільних агрегатів на прикладі ґрунтообробних мотоблоків підтверджена техніко-енергетичними розрахунками, наведеними в [5].

Фахівцями ТДАТУ розроблено перший в Україні міні-електротрактор. За тяговими показниками його можна віднести до тракторів тягового класу 0,2. Він обладнаний двигуном постійного струму, має шарнірно-зчленовану раму з колесами однакового розміру. Особливістю цього енергетичного засобу є безступінчаста трансмісія. І це дуже важлива обставина, оскільки рівень завантаження його двигуна буде завжди оптимальним. А це саме те, що потрібно для економічного використання джерела енергії цього трактора, тобто акумулятора. Певна річ, що тривалість безперервної роботи такого трактора із зрозумілих причин цілком обмежена. Водночас, для роботи в умовах крупних тепличних господарств та малих фермерських господарств, даний міні-електротрактор може отримувати живлення від стаціонарної електричної мережі.

Принципова електрична схема керування зображена на рис. 1.

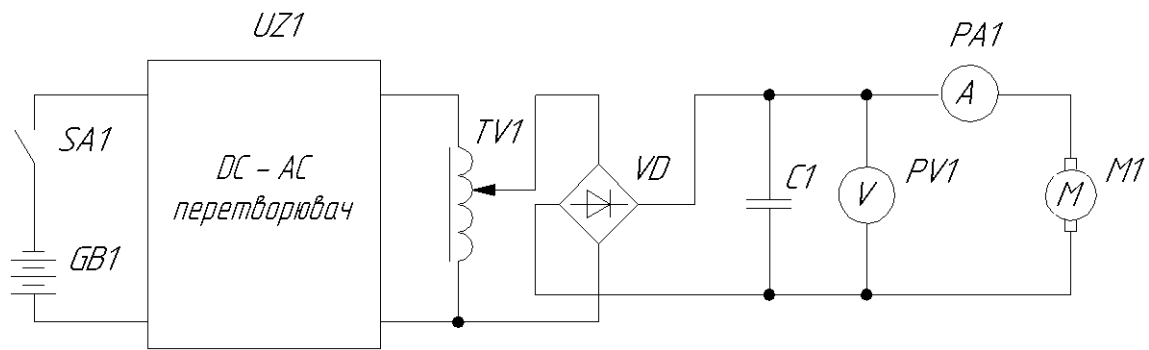


Рис. 1. Принципова електрична схема керування двигуном приводу міні-електротрактора

Живлення схеми здійснюється від акумуляторної батареї GB1 напругою 12 В. При замиканні перемикача SA1 напруга подається на вхід інвертора UZ1. На виході з інвертора отримуємо змінну напругу 220 В, яка подається на лабораторний автотрансформатор TV1, за допомогою якого здійснюється регулювання швидкості обертання якоря, приводного електродвигуна M1. Випрямлення змінного струму здійснюється за допомогою діодного моста VD1. Також для контролю навантаження електродвигуна на панелі приладів встановлені амперметр PA1 і вольтметр PV1.

**Висновки.** Міні-електротрактор є дуже економним та є гарною заміною традиційних тракторів з ДВЗ. Установка тягового двигуна постійного струму дозволить поліпшити керованість, та прохідність міні-електротрактора, а також досягти необхідних експлуатаційних характеристик. За умови створення достатньо ємних акумуляторів (що вирішиться, на нашу думку, найближчим часом) використання подібного міні-електротрактора буде ефективним і у польових умовах.

#### Список використаних джерел

1. Овчаров В. В., Вовк О. Ю. Пути снижения энергозатрат в мобильных агрегатах. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2013. Вип. 13, т. 4. С. 21-26.
2. Електрифікований агро модуль – ефективне рішення проблем механізації рослинництва / В. П. Кувачов, Ю. М. Куценко, О. В. Ковальов, Є. І. Єгнат'єв. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 2. С. 86-92.
3. Ковальов О. В., Куценко Ю. М., Назар'ян Г. Н. Розрахунок потужності та вибір тягового електродвигуна приводу мотоблока. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2010. Вип. 10, т. 8. С. 228-238.
4. Квітка С. О., Ковальов О. В. Обґрунтування системи керування електроприводом ґрунтообробного мотоблоку. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Механізація та автоматизація виробничих процесів*. Суми, 2016. Вип. 10/1 (29). С. 183-186.
5. Ковальов О. В., Катюха А. А., Назар'ян Г. Н. Аналітичний метод порівняльної техніко-енергетичної оцінки ефективності і технічного рівня мотоблоків. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2007. Вип. 7. т. 3. С. 93-99.

УДК 681.5:664.782

## ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РИСОВОЇ КРУПИ

**Князєв І. В., магістр****e-mail:** aknyasew@gmail.com**Борохов І. В., к.т.н., доцент****e-mail:** bivrabota@gmail.com*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** В наш час відомо цілий ряд механічних і електричних способів та методів визначення властивостей сипких матеріалів, такі як хімічний, ситовий аналіз, контактного опору, акустичний і т.д. Визначення властивостей механічними способами дає достатньо точні показники, але їх дотримання та виконання можливе лише в стаціонарних лабораторних умовах, тому для впровадження в поточну лінію такі способи не придатні. Для безперервного контролю необхідно застосовувати безконтактні способи. Але кожен з існуючих таких способів необхідно вибирати і використовувати, виходячи з вимог технології виробництва, і фізико-механічних властивостей матеріалу, який підлягає контролю. Вимірювання, які базуються на таких методах як: радіаційний, фотоелектричний мають цілий ряд недоліків (вплив навколишнього середовища, використання спеціальних радіоактивних матеріалів, вплив побічної освітленості, складність самих приладів), не дозволяють широко використовувати їх в галузях сільського господарства.

**Основні матеріали.** Існує ємнісний спосіб виміру якісних показників, який базується на залежності ємності конденсатора від діелектричної проникності шару матеріалу. В процесі вимірів об'єм і параметри конденсатора залишаються незмінними, а визначається лише величина діелектричної проникності, яка функціонально зв'язана з вологістю матеріалу, який знаходиться в об'ємі конденсатора.

Відомо спосіб акустичного визначення фізико-механічних властивостей сипких матеріалів. Властивості матеріалу визначаються шляхом пропускання його між випромінювачем звукових хвиль і приймачем. По поглинанню енергії ультразвукових хвиль в потоці сипкого матеріалу, визначають його фізико-механічні властивості.

Стебловий матеріал пересувається на сітці, яка утворена сталевими струнами, діаметром 0,1мм., з коміркою 40\*40мм., випромінювач розташовано під сіткою, а приймач зверху, швидкість пересування 1...2м/с., затухання вимірюють імпульсним способом з робочою частотою 17,5кГц.

Недоліком описаного методу є відсутність можливості використання його для визначення фізико-механічних властивостей зернистих сипких матеріалів, визваний наявністю комірок, в транспортерній сітці, зменшення розмірів яких приведе до значного зниження чутливості.

Слід відзначити простоту й економічність приведенного способу, який не знайшов поки ще практичного використання для визначення фізико-механічних властивостей сипких матеріалів, але цей метод з успіхом застосовується в дефектоскопії й в інших контрольно-вимірювальних операціях в багатьох галузях промисловості.

Визначення якісних показників продуктів рисового круп'яного виробництва та дотримання їх нормативного значення є основною задачею спеціалізованих лабораторій. В технологічному процесі присутні продукти переробки з різними фізико-механічними властивостями (шелуха, зерно рису, обшліфоване ядро, зколоне ядро, подрібнений рис, мучка). Тому необхідно виконати розподіл цих продуктів якомога якісніше, отримуючи на виході рисову крупу високої якості, яка б задовольнила умови що до існуючих норм, і разом з цим потреби споживача, тим самим стимулюючи попит на готову продукцію.

Існуючі способи визначення якісних показників рисової крупи, які використовують при її виробництві, здійснюються вже після завершення технологічного процесу, при цьому відносячи



продукт, що перевіряється, до того або іншого сорту і не мають зворотного зв'язку з технологічним процесом.

Таким чином, з існуючих способів, найбільш перспективним для контролю якісних показників рисової крупи в безперервному потоці є акустичний, який характеризується економічністю, простотою та без інерційністю. Нами була розроблена структурна схема електроакустичної установки контролю якісних показників рисової крупи в безперервному потоці (рис. 1), яка включає в себе: генератор синусоїдальних сигналів 1, випромінювач 2, приймач 3, підсилювач 4, демодулятор 5, аналого-цифровий перетворювач 6, електронно-обчислювальна машина 7, первинні перетворювачі температури 8 і вологості 9, цифрово-аналоговий перетворювач 10, блок керування 11 першого перекидного клапана, блок керування 12 другого перекидного клапана, блок живлення 13.

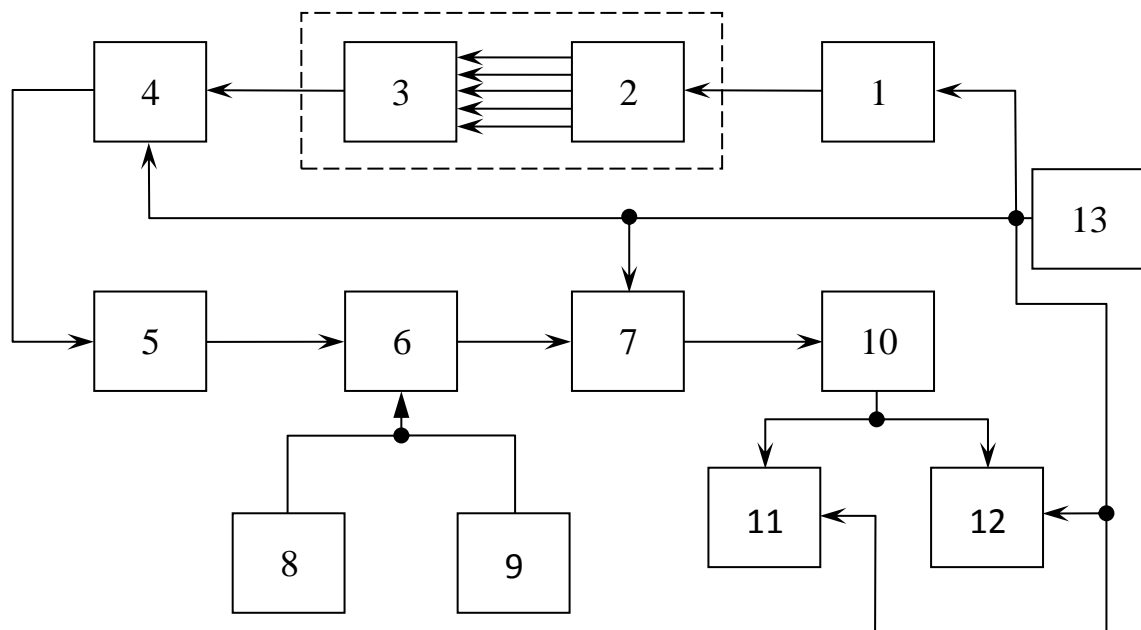


Рис. 1. Структурна схема електроакустичної системи контролю якісних показників рисової крупи.

Електричні коливання генератора синусоїдальних сигналів 1, збуджують в випромінювачі 2 ультразвукові коливання, які проходячи крізь потік рисової крупи претерплюють амплітудного послаблення, (в залежності від гранулометричного складу, вологості, температури крупи та ін.), сприймаються приймачем 3, де перетворюються в електричні коливання. Отриманий сигнал буде нести інформацію про стан матеріалу який знаходиться в потоці, тобто являється джерелом інформації про гранулометричний склад рисової крупи, а також враховуючи його температуру та вологість в потоці, підсилюється підсилювачем 4 і демодулюється в демодуляторі 5. З останнього, демодульований сигнал надходить на аналого-цифровий перетворювач 6 де перетворюючись в дискретний сигнал надходить в електронно-обчислювальну машину 7 де проходить обробка інформації з врахуванням сигналів, які надходять з первинних перетворювачів температури 8 і вологості 9 через аналого-цифровий перетворювач. На основі проведеного розрахунку електронно-обчислювальна машина порівнює відкорегований інформативний сигнал, по температурі та вологості, з заданими їх значеннями і якщо відсутня відповідність, то подає керуючий сигнал через цифрово-аналоговий перетворювач 10 на блок керування 11 першого перекидного клапана, який при спрацюванні направить потік крупи на повторну очистку.

При перевищенні вологості рисової крупи від нормативного значення (до 14%) електронно-обчислювальна машина незалежно від температури і заданих меж інформативного

сигналу вмикає блок керування 12 другого перекидного клапана, який направить потік крупи на додаткову сушку. Необхідне живлення для всіх струмоприймачів забезпечує блок живлення 13.

Для забезпечення достатньо високої надійності і безвідмовної роботи електро-акустичного пристрою, котрий працює разом з технологічним обладнанням в поточній лінії, необхідно розробити вимоги та розрахувати параметри основних вузлів та блоків. У зв'язку з цим, при розробці, необхідно передбачити такі технологічні вимоги:

- відхилення частоти зонduючого сигналу не повинно перевищувати значення  $\pm 0,5\%$ ;
- амплітуда зонduючого сигналу повинна бути стабільна;
- для отримання чистого сигналу інформативного параметра, необхідно передбачити підсилення сигналу, його демодуляцію та фільтрацію;
- вимірювання отриманого сигналу повинно проводитися через визначені проміжки часу, з послідуною його обробкою на електронно-обчислювальній машині;
- передбачити зворотній зв'язок по каналу керування з приводом перекидного електромагнітного клапана.

Крім основних вимог, приведених вище, необхідно додати вимоги: допоміжні, технологічні, конструктивні та експлуатаційні. Пристрій для безперервно-поточного контролю якості і допоміжне обладнання повинні забезпечити можливість нормальної роботи в різні пори року та при різній абсолютній вологості повітря.

Всі з'єднання між блоками електроакустичної системи контролю якості продукту повинні бути виконані екранованим проводом і мати надійне з'єднання.

**Висновки.** Впровадження електроакустичної системи контролю якісних показників в поточну лінію виробництва рисової крупи дозволить забезпечити визначення якості рисової крупи в безперервному потоці не перешкоджаючи здійсненню технологічного процесу. При відхиленні якості крупи від заданої спрямує потік крупи на повторну очистку. При відхиленні показнику значення вологості крупи (в більшу сторону) від норми, забезпечить повторну додаткову сушку. Отримана інформація, про стан якості крупи в потоці оброблятиметься електронно-обчислювальною машиною з подальшим корегуванням нею технологічного процесу.

УДК 621.317.76

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КВАРЦОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ НВЧ

**Орел О. М., к.т.н., доцент****e-mail:** orelan2006@ukr.net*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м.  
Мелітополь, Україна*

**Постановка проблеми.** Однією з найактуальніших проблем, яка стоїть перед аграрним комплексом України на сучасному етапі є підвищення продуктивності в тваринництві зі збереженням і збільшенням поголів'я сільськогосподарських тварин, яке у великій мірі залежить від своєчасного лікування їх травматизму.

Оскільки СВЧ терапія тварин пов'язана з резонансним акустоелектричних хвиль в замкнутих клітинних мембранах, то для передачі максимальної енергії опромінення біологічних об'єктів (95 %) слід використовувати високо стабільні СВЧ генератори (нестабільність частоти 10-7 ... 10-8), перебудовуванні по частоті і вихідною потужністю до 50 мВт. Рішення поставленої задачі можливе на основі застосування електромагнітних випромінювань НВЧ і КВЧ діапазонів.

Метою статті є розрахунок енергетичних характеристик автогенератора, з використанням кварцових генераторів.

**Основні матеріали дослідження.** В даний час існує велика кількість схем кварцових генераторів до частот 100 МГц, методики розрахунку яких різноманітні і обмежені в частотній області генерації. У той же час в інженерній практиці необхідний досить простий метод розрахунку кварцових генераторів в діапазоні частот від 200 до 500 МГц, доступний при використанні довідкових даних або даних, виміряних простими методами.

Нижче наводиться один із можливих варіантів такої методики розрахунку, яка справедлива в широкій частотній області і при значних вихідних потужностях. Для розрахунку енергетичних співвідношень стаціонарного режиму скористаємося спрощеною структурною схемою рис. 1. При цьому припустимо, що реактивні компоненти  $Z_{vx}$ ,  $Z_{vix}$ ,  $Z_n$  впливають на фазові співвідношення в генераторі (на баланс фаз), тобто на частоту генерації, і не впливають на баланс амплітуд.

**Висновки.** Результати експериментальних досліджень дозволили визначити оптимальну частоту, потужність і розташування джерел випромінювання для лікування травм різних видів тварин.

Застосування електромагнітного випромінювання з оптимальними параметрами інтенсифікує обмін речовин на рівні мембран хворих клітин і сприяє більш швидкому відновленню пошкодженої кісткової тканини.

**СЕКЦІЯ 2. ЕЛЕКТРО- ТА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЇ**

УДК 631.544

**ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ  
ОПТИЧНОГО МІКРОКЛІМАТУ В СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ****Червінський Л. С.**, д.т.н.,**e-mail:** lchervinsky@gmail.com**Сторожук Л. О.**, к.т.н.,**Пашковська Н. І.**, інженер.*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ*

**Актуальність та постановка проблеми.** При вирощуванні рослин у теплицях та інших спорудах захищеного ґрунту важливим параметром мікроклімату, що впливає на формування якості та врожайності культур є фотосинтезне опромінення, особливо в пори року, коли сонячного світла є недостатньо.

Сучасна світлокультура рослин, як новий високоінтенсивний тип сільськогосподарського виробництва, являє собою широку комплексну проблему, успішне вирішення якої пов'язано з участю різних спеціалістів – фізіологів рослин і світлотехніків, агрономів і електротехніків.

**Основні матеріали дослідження.** Основними факторами, що впливають на розвиток і ріст рослин є: режим опромінення, ефективність засвоєння поживних речовин, вплив коливань температури і вологості. [2, 3]. Всі наведені параметри мікроклімату є взаємозв'язаними і взаємозалежними. В даний час такі параметри як вологість ґрунту та повітря в приміщенні, температура в приміщенні і мінеральний склад ґрунту достатньо вивчені і можуть стабілізуватись у заданих значеннях. Проте стабілізація їх визначених значень займає значний проміжок часу в технологічному процесі. При цьому регулювання необхідних параметрів опромінення (спектрального складу випромінювання, інтенсивності випромінювання та його тривалості) потребує значного меншого періоду часу і досягається меншими витратами.

Проаналізуємо можливість оптимізації параметрів опромінення за допомогою побудованої нижче залежності.

Регресійну залежність впливу факторів опромінення в загальному вигляді можна представити виразом:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3$$

(1)

де  $b_0$  – вільний член, що характеризує сталі параметри мікроклімату;

$b_1, b_2, b_3$  – коефіцієнти впливу факторів;

$x_1, x_2, x_3$  – фактори впливу;

$x_1$  - інтенсивність випромінювання (опроміненість),

$x_2$ , час дії опромінення,

$x_3$  - спектральний склад потоку оптичного випромінювання (спектр фотосинтезної дії).

Взаємодію цих факторів і, відповідно, ефективність опромінення характеризують три останні члени рівняння регресії. Їх взаємозв'язок і важливість залежить від світлотехнічних і енергетичних характеристик світильників і джерел фотосинтезного випромінювання, що застосовуються в теплиці.

**Висновки.** Підвищення ефективності технологічних процесів вирощування рослинної та овочевої продукції в спорудах захищеного ґрунту неможливе без оптимізаційного підходу до світлокультури технологічного процесу, зокрема, визначення найбільш ефективного спектрального складу оптичного випромінювання, величини опроміненості у відповідності до фази розвитку рослини та тривалості (доза) опромінення при сталих оптимальних параметрах мікроклімату на мінерального складу ґрунту.

Вирішуючи наведені задачі оптимізації можна знайти найбільш ефективні значення факторів впливу [4]. При цьому можна використовувати різні методи: математичний, експериментальний, метод експертних оцінок Дельфі тощо.

#### **Список використаних джерел**

1. Червінський Л. С., Сторожук Л. О. Світлокультура рослин. Процес становлення. *Енергетика і автоматика*. 2010. № 3(5). URL: [http:// www.nbu.gov.ua/e - journals/eia/2010-3/index.htm](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/eia/2010-3/index.htm) (дата звернення: 18.05.2020).
2. Червінський Л. С., Луцак Я. М. Математичне моделювання просторової фотосинтезної опроміненості в спорудах захищеного ґрунту. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Мелітополь, 2016. Вип. № 4. С. 53-61.
3. Червинский Л. С., Луцак Я. Н. Обоснование влияния спектрального состава источников световой энергии на жизнедеятельность растений в сооружениях закрытого грунта. *Инновации в сельском хозяйстве*. Москва: ВИЭСХ, 2016. № 4(9). С. 180-187.
4. Метод визначення просторової фотосинтезної опроміненості / Л. С. Червінський та ін. *Технічна електродинаміка* / Інст. Електродинаміки НАН України. Київ, 2016. № 5. С. 88-90.

УДК 658.264

## АКУМУЛЮВАННЯ ТЕПЛОТИ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ ТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ

**Климчук О. А., д.т.н., професор****e-mail:** aaklymchuk@gmail.com**Махно В. Г., магістр****Поляков О. О., магістр****Чефтелов І. О., магістр****Пільтяєва Ю. Ю., магістр***Одеський національний політехнічний університет*

**Актуальність та постановка проблеми.** На стан економіки нашої країни і рівень життя населення сильно впливає рівень розвитку енергетичної галузі. Економне використання первинних енергоресурсів істотно обумовлено об'єктивною необхідністю.

**Основні матеріали дослідження.** У системах теплопостачання будівель і споруд з метою енергозбереження застосування акумуляторів теплоти об'ємного типу на основі рідких і твердих матеріалів є найбільш доцільним.

Використання акумуляторів з твердих матеріалів невеликої потужності при установці їх в опалювальних приміщеннях різного призначення дозволяє в значній мірі зменшити обсяг акумулятора теплоти за рахунок високих робочих температур і простоти конструкції.

Конструкція теплоаккумулятора теплоти повинна забезпечувати [1]:

- максимальна швидкість досягнення середньомасової температури акумулює матеріал до необхідного значення при зарядці;
- використання максимально акумулює обсяг;
- мінімальний розмір акумулятора теплоти;
- мінімальні температурні напруги в акумулюючому матеріалі.

Проведено аналіз даних, отриманих на основі теоретичного розрахунку процесу нагріву циліндричного тіла сталим тепловим потоком зсередини, який показав, що при нагріванні теплота нерівномірно розподіляється по товщині циліндру.

При моделюванні процесу зарядки теплоаккумулятора для опису розподілу температури в тілі використаний наступний метод: процес нагрівання та охолодження тіла розбивається на дві стадії. Перша стадія це проникнення тепла в товщину тіла (інерційний період), друга - зміни температури тіла по всьому об'єму одночасно [1].

**Висновки.** Основні переваги розглянутих акумуляторів теплоти - простоті конструкції і відносно малий обсяг. Виявлено, що відповідно до принципу стабільності теплового потоку, форма поверхні нагрівання впливає на розподіл температури в тілі тільки поблизу цієї поверхні, а на достатній відстані від поверхні форма температурного поля буде залежати від напрямку поширення теплового потоку в тілі.

### Список використаних джерел

1. Шраменко О. М. Удосконалення конструкції та режимів роботи акумуляторів теплоти на основі твердих матеріалів: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.06. Одеса, 2016. 148 с.

УДК 658.264

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ТЕПЛОЛОКАЛІЗАЦІЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

Лужанська Г. В., к.т.н., доцент

e-mail: alina-odessa.1@ukr.net

Семеній А. А., магістр

Чабан В. Г., магістр

Климчук І. О., студент

Одеський національний політехнічний університет

**Актуальність та постановка проблеми.** У холодну пору року через відкриті зовнішні отвори в опалювальні приміщення проникають величезні маси холодного повітря, відбувається вихолоджування приміщень, погіршується мікроклімат приміщень. В результаті значно збільшується теплове навантаження на систему теплопостачання будівлі і погіршуються показники будівлі по споживанню тепла. Одночасно з цим постійно зростають вимоги до надійності і комфорту створення мікроклімату опалювальних приміщень. Зменшення показників питомих теплових втрат будівлі є провідним показником енергозбереження об'єкта. Основним шляхом енергозбереження в громадських і цивільних будівлях є раціональне використання теплового обладнання.

**Основні матеріали дослідження.** Для запобігання проривів зовнішнього повітря в опалювальні приміщення на вході в будівлю встановлюють теплолокалізуючі пристрої-повітряно-теплові завіси.

Повітряна завіса - це результат взаємодії двох потоків: повітряного струменя і набігаючого на неї горизонтального потоку повітря [1]. Для більш ефективної роботи систем теплолокалізації перекриємо повітрявипускний отвір повітряно-теплової завіси в перемішованому порядку по вертикалі (рис. 1).

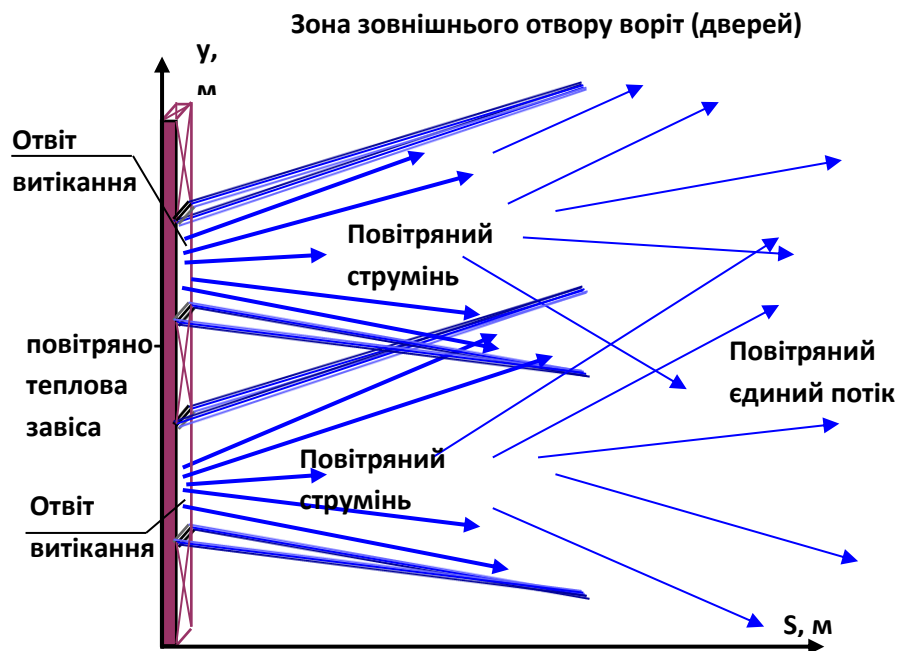


Рис. 1. Принципова схема поширення повітряного потоку, що витікає з повітряно-теплової завіси.

Повітряний потік розділяється на безліч дрібних струменів, який зливається в єдиний потік, перешкоджаючи проникненню холодного повітря, тим самим зменшуючи навантаження на нагрів подається завісою повітря, і знижуючи теплове навантаження на систему теплопостачання.

Результати розрахунків для типової завіси і для пропонованого теплолокалізуючого пристрою з переміжованим щілинним отвором представлені графіками споживаної теплової енергії повітряно-теплової завіси від зміни температури зовнішнього повітря [2] в опалювальний період (рис. 2).

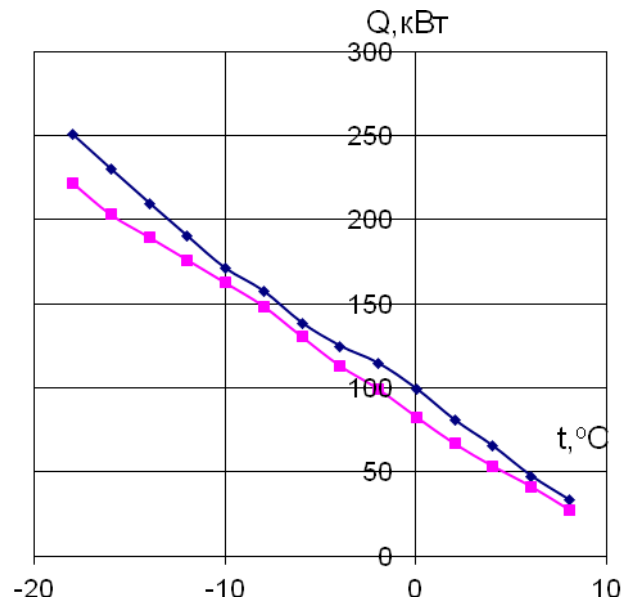


Рис. 2. Залежність витрата теплової енергії від температури зовнішнього повітря: ◆-для типової завіси; ■-для завіси з переміжованим щілинним отвором

**Висновки.** Ефективність роботи теплолокалізуючого пристрою з переміжованим щілинним отвором у порівнянні з типовою повітряно-тепловою завісою складе економію теплової енергії близько 11%.

#### Список використаних джерел

1. Оцінка ефективності теплозахисту будівлі системами теплолокалізації / Г. В. Лужанська та ін. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я*: тези доповідей XXVII Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2019. Харків: НТУ «ХПІ», 2019. Ч. II. С. 288.
2. Зайцев О. Н., Лужанская А. В. *Аэродинамика воздушно-тепловых завес в промышленных зданиях и сооружениях*. Симферополь: НАПКС, 2009. 199 с.: ил.



УДК 621.31

**ПИТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ОСВІТЛЕННІ**

**Чернецький В. А., інженер**  
**Постол Ю. О., к.т.н. доцент**  
**Стручасв М. І., к.т.н., доцент**

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

**e-mail:** chernetskiyvladiks@gmail.com

**e-mail:** yuliapostol111@gmail.com

**e-mail:** usun105@gmail.com

**Актуальність та постановка проблеми.** У статті розглядаються основні питання енергозбереження в освітленні в умовах постійно зростаючого дефіциту енергоресурсів. Виявлено тенденції споживання електроенергії населенням України. Дається оцінка резервів економії електроенергії в освітленні. Представлена класифікація чинників енергозбереження в освітленні, які можуть бути використані при побудові системи управління енергоспоживанням в побутовому секторі. Розглянуто програми з енергозбереження в освітленні, що реалізуються в області підвищення енергоефективності вітчизняної економіки.

**Основні матеріали дослідження.** Тісний взаємозв'язок між паливно-енергетичними ресурсами і всіма сферами життєдіяльності людини визначає в цілому характер економічного, соціального, екологічного і політичного розвитку суспільства. При цьому основним фактором ефективності цього розвитку і збереження первинних, невідновлюваних і вторинних енергетичних ресурсів стає енергозбереження.

Слід зазначити, що в даний час енергоємність валового внутрішнього продукту України в кілька разів перевищує енергоємність валового внутрішнього продукту розвинутих країн. Цей фактор негативно впливає на економічний розвиток України та уповільнює його. Вихід України на стандарти добробуту розвинених країн на тлі посилення глобальної конкуренції і вичерпання джерел експортно-сировинного типу розвитку вимагає кардинального підвищення ефективності використання всіх видів енергетичних ресурсів.

Енергозбереження є основним способом підвищення енергетичної ефективності. Енергетична ефективність являє собою характеристики, що відображають ставлення корисного ефекту від використання енергетичних ресурсів до витрат енергетичних ресурсів, виробленим з метою отримання такого ефекту, стосовно продукції, технологічним процесом, юридичній особі, індивідуальному підприємцю.

Система штучного освітлення є найбільш поширеним кінцевим споживачем електроенергії. Освітлення використовується у всіх сферах діяльності людини. В освітлювальних установках витрачається близько 13% всієї електричної енергії, яка генерується.

Необхідно відзначити, що в даний час велику частину вітчизняного парку освітлювальних приладів становлять застарілі вироби, що включають в себе неефективні джерела світла: лампи розжарювання, люмінесцентні лампи першого і другого покоління, електромагнітні пускорегулюючі апарати (ЕМПР) і т.д. Отже, існуюча на даний момент структура парку освітлювальних установок не є енергозберігаючою. У цих умовах досить актуальним є виявлення резервів енергозбереження в освітленні. У табл. 1 наведені основні групи резервів економії електроенергії в освітленні [1-4].

Таблиця 1 - Резерви економії електроенергії в освітленні

№ п/п	Резерви економії електроенергії в освітленні	Оцінка можливості економії ел. енергії у %
<i>Вдосконалення засобів освітлення</i>		
1	Розширення виробництва енергоефективних джерел світла та області їх застосування	14,0
2	Збільшення світлової віддачі джерел світла	6,0
3	Підвищення стабільності характеристик джерел світла	3,0
4	Підвищення ККД освітлювальних приладів	6,0
5	Поліпшення експлуатаційних властивостей освітлювальних приладів	3,5
6	Зниження електроспоживання освітлювальними приладами завдяки використанню ЕПРА	2,0
<i>Вдосконалення методів освітлення</i>		
1	Рациональне використання природного світла і систем управління освітленням	4,5
2	Розширення сфери застосування системи загального локалізованого освітлення	6,5
3	Розширення застосування систем комбінованого освітлення	4,0

**Висновки.** Таким чином, основна ідея енергозбереження в освітленні полягає в тому, що електроенергія в освітлювальних установках повинна використовуватися більш раціонально за рахунок застосування економічно обґрунтованих, технічно здійсненних, екологічно доцільних і соціально прийнятних заходів. Розглядаючи заощадження електроенергії як додаткове джерело енергоресурсів, можна сказати, що енергозбереження в освітлювальних установках - один із стратегічних напрямів вирішення завдання енергозабезпечення населення.

#### Список використаних джерел

1. Довідкова книга з світлотехніки / за ред. проф. Ю. Б. Айзенберга. Москва: Знак, 2006. С. 81.
2. Кукис В. С., Романов В. А., Постол Ю. А. Двигатели Стирлинга вчера, сегодня, завтра. *Ползуновский альманах*. 2009. № 3, т. 1. С. 93–98.
3. Постол Ю. О., Закревський Д. Реалізація політики з енергозбереження. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: матеріали VI Всеукр. наук.-техн. Інтернет-конф. молодих учених, магістрантів та студентів за підсумками наукових досліджень 2018 року. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. VI. С. 17-20.
4. Кесарийский А. Г., Постол Ю. А., Сатокин В. В. Исследование деформирования резьбового соединения головки и блока цилиндров поршневого двигателя. *Двигатели внутреннего сгорания*. 2010. № 1. С. 51 – 53.

УДК 621.311

## ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ – УНІВЕРСАЛЬНИЙ ВИД ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

**Клецко І. М., магістр****Болтянська Н. І., к.т.н., доцент****e-mail:** nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м.**Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** Значимість раціонального енергетичного забезпечення сільськогосподарських підприємств в останні роки зросла, що пов'язане з розширенням і поглибленням електрифікації, електромеханізації і автоматизації технологічних процесів, а також непропорційним (переважаючим) зростанням тарифів на енергоресурси в порівнянні з цінами на сільгосппродукцію, що в значній мірі збільшило енергетичну складову в собівартості продукції [1, 2]. Сільське господарство є галуззю народного господарства, що інтенсивно розвивається. Розвиток супроводжується зростаючим споживанням енергії, в загальному балансі якої значну і швидко зростаючу частку займає електрична енергія. З усіх видів енергії вона найбільш легко транспортується, перетворюється і використовується [3-5].

**Основні матеріали дослідження.** Сільське господарство, на відміну від промислових підприємств, не є дуже великою галуззю по споживанню природних копалин. Але для того, щоб збільшити обсяг виробництва продукції, воно має розвиватися. Для цього використовують індустриальні технології, які, без сумніву, призводять до зростання споживаної електричної енергії. Наприклад, якщо приріст продукції збільшити всього лише на один відсоток, то це автоматично призведе до зростання споживання електроенергії на 2-3%.

Тенденція зростання енергоємності сільськогосподарської електроенергії є відображенням більш загальних процесів, що відбуваються в світовому сільському господарстві. Потреба в енергоресурсах подвоюється через кожні 10-15 років. Зростання виробництва сільгосппродукції супроводжується зростанням енергоємності технологій їх виробництва: так, приріст сільськогосподарської продукції на 1% вимагає збільшення витрат енергоресурсів на 2-3% [2]. Зростання енерговитрат в зв'язку зі збільшенням виробництва сільгосппродукції характерний і, мабуть, поки неминучий для всіх промислово розвинених країн, не дивлячись на вжиті заходи щодо їх мінімізації. Наприклад, подвоєння врожаїв в США супроводжувалося десятикратним підвищенням витрати енергії.

Енергозбереження в сільському господарстві є сьогодні комплексною проблемою. Рішення окремих питань у більшості випадків не призводить до позитивного результату. Тільки лише їх поєднання дозволить досягти потрібного ефекту. У зв'язку з цим є два способи енергозбереження - це використання первинних і вторинних енергетичних ресурсів. У сільському господарстві найбільш прийнятним є використання первинної енергії. На рис. 1 представлена класифікація первинної енергії [6, 7].

Електрика є єдиним видом енергії для електрифікації птахівництва та рослинництва, електромеханізації тваринництва. З її допомогою здійснюються водопостачання, кормоприготування і роздавання кормів, прибирання приміщень, обігрів і створення мікроклімату в приміщеннях, сушка та переробка зерна та інших сільськогосподарських продуктів, сівки і прибирання, зрошення та меліорація земель, інкубація і вирощування молодняка, утримання дорослого поголів'я.

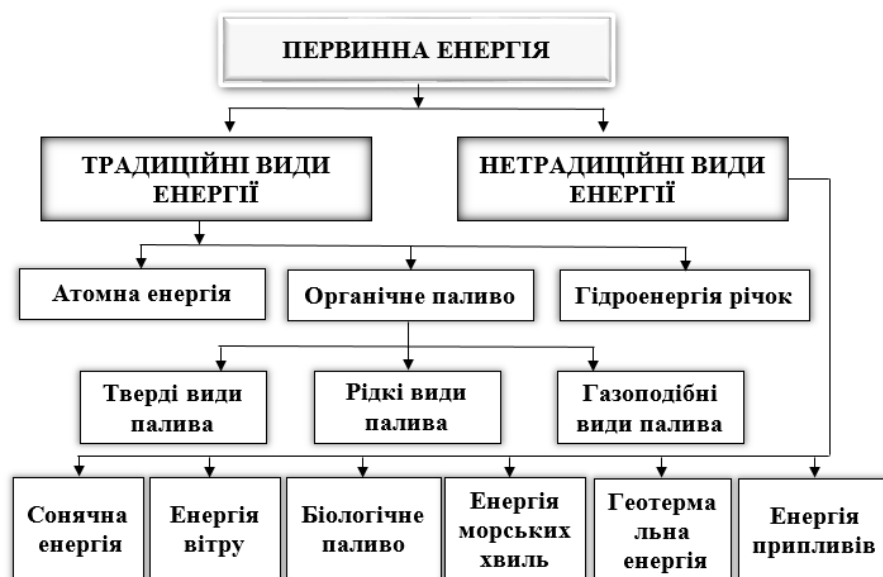


Рис. 1. Класифікація первинної енергії

Іntenсивно використовується електроенергія в електротеплових установках і установках для створення мікроклімату - пристрої для обігріву підлог приміщень, водонагрівачі, калорифери і кондиціонери, холодильники, компресори, системи вентиляції. Прогресивні види технології також використовують електроенергію, де з її допомогою працюють електрофільтри, в електричних полях фарбуються різні вироби, здійснюється сепарування і передпосівна обробка насіння, проводяться дослідження по електроактивації рідин і води. Сушіння, нагрів, дезінсекція, металізація виробів розпиленням, здійснювані за допомогою струмів високої частоти і ультразвуком, неможливі без електроенергії, як неможлива без неї робота ремонтних і переробних підприємств, на яких встановлено велику кількість технологічних ліній і машин, верстатів і агрегатів, за допомогою яких здійснюється переробка овочів і фруктів, молока, м'яса та іншої сільськогосподарської продукції.

Трохи більше половини всієї споживаної енергії використовується у вигляді тепла для технічних потреб, опалення, приготування їжі, інша частина – у вигляді механічної, насамперед у транспортних установках, та електричної енергії. Причому частка електричної енергії з кожним роком зростає (рис. 2).

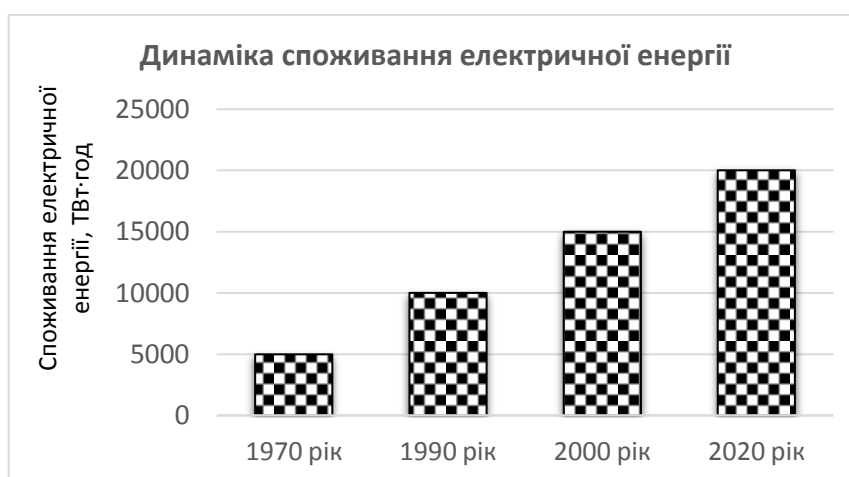


Рис. 2. Динаміка споживання електричної енергії, ТВт-год

Електрична енергія – більш універсальний вид енергії. Вона знайшла широке застосування в побуті та у всіх галузях народного господарства. Налічується понад чотириста найменувань електропобутових приладів: холодильники, пральні машини, кондиціонери,

вентилятори, телевізори, магнітофони, освітлювальні прилади і т. д. Не можна уявити промисловість без електричної енергії. В сільському господарстві застосування електрики безперервно розширюється: годівля і напування тварин, догляд за ними, опалення і вентиляція, інкубатори, калорифери, сушарки і т. д.

**Висновки.** Електрична енергія володіє такими властивостями, які роблять її незамінною в механізації та автоматизації виробництва продукції і в повсякденному житті людини: 1) Електрична енергія універсальна, вона може бути використана для самих різних цілей. Зокрема, її дуже просто перетворити в тепло. Це робиться, наприклад, в електричних джерелах світла (лампах розжарювання), в технологічних печах, використовуваних в металургії, в різних нагрівальних та опалювальних пристроях. Перетворення електричної енергії в механічну використовується в приводах електричних моторів. 2) При споживанні електричної енергії її можна нескінченно дробити. Так, потужність електричних машин в залежності від їх призначення різна: від часток ватт в мікродвигуні, які застосовуються в багатьох галузях техніки і в побутових виробках до величезних величин, що перевищують мільйон кіловатт, в генераторах електростанцій. 3) В процесі виробництва і передачі електричної енергії, можна концентрувати її потужність, збільшувати напругу і передавати по проводах як на малі, так і на великі відстані будь-яку кількість електричної енергії від електростанції, де вона виробляється, всім її споживачам.

#### **Список використаних джерел**

1. Болтянська Н. І., Комар А. С. Організаційно-економічні заходи ресурсозбереження в молочному скотарстві. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції* : тези Міжнародного науково-практичного форуму ТДАТУ. 2019. С. 36-39.
2. Болтянський О. В., Болтянська Н. І. Зменшення витрат енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. *Крамаровські читання* : зб. тез доп. II Міжнародного науково-технічного конференції. / НУБіП. 2015. С. 54-55.
3. Болтянська Н. І. Показники оцінки ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в тваринництві. *Вісник Сумського НАУ. Сер. Механізація та автоматизація виробничих процесів*. 2016. Вип. 10/3 (31) . С. 118-121.
4. Болтянский О. В., Болтянская Н. И. Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2016. Vol. 18, No 13. P. 49-54.
5. Болтянська Н. І. Зниження енергоємності виробництва продукції тваринництва за рахунок скорочення енергії на кормоприготування. *Інженерія природокористування*. 2018. № 1(9). С. 57-61.
6. Болтянська Н. І. Умови забезпечення ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2016. Вип. 16, т. 2. С. 153-159.
7. Болтянський О. В., Болтянська Н. І. Щодо оцінки потенційної можливості застосування ресурсозберігаючих технологій на підприємствах молочного скотарства. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2016. Вип. 6, т. 1. С. 50-55.

УДК 621.316.14

**ВИБІР МОДЕЛІ ВИПАДКОВОЇ СКЛАДОВОЇ ПРОЦЕСУ КОМБІНОВАНОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ****Лисенко О. В., к.т.н., доцент****Дубініна С. В., асистент***Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна***e-mail:** helga\_vl@ukr.net**e-mail:** dubininasv@i.ua

**Актуальність та постановка проблеми.** Стан енергобалансу локальної енергосистеми, як результуючий випадковий процес флуктуацій генерування та споживання потребує додаткового дослідження, даючи як узагальнену методологію, так і можливості адаптування до конкретних умов. Моделювання власне випадкової складової процесу щодо балансування комбінованої енергосистеми є актуальним питанням. Особливо це стосується моделі сонячної генерації [1]. Для забезпечення вимог споживача та досягнення енергетичної та економічної ефективності необхідно знати характер випадкових коливань сонячної радіації, спричинених змінною хмарністю. Для оптимізації складу та режимів роботи генеруючого обладнання треба вивчити такі аспекти, як достовірність оцінок, довірчі інтервали, узгодження з вимогами щодо надійності енергопостачання.

**Основні матеріали.** Для математичної постановки конкретної задачі стохастичної оптимізації і вибору відповідної моделі досліджуваного процесу треба провести аналіз фізичної сутності процесу і виду змінних досліджуваних величин, а також необхідно оцінити щільність розподілу досліджуваної випадкової величини.

Якщо випадкова величина  $Y$  є функцією деякої випадкової величини  $X$  з заданою щільністю розподілу:  $Y=f(X)$ , причому  $f$  - абсолютно неперервна функція, то оцінка щільності розподілу може бути визначена аналітично.

У більш загальному випадку, коли відсутня аналітична залежність, можна застосувати метод статистичного моделювання [2], який полягає в тому, що за допомогою генератора випадкових чисел (або по заданому відповідному розподілу) задаються стохастичні складові (властивості енергоносія, початкові умови, граничні умови та ін.) та оцінюється щільність розподілу досліджуваної випадкової величини наступним чином:

1) перевіряється наявність розкиду розглянутої величини.

Якщо розкид існує, то необхідно, розрахувати статистичні характеристики, відсіївши грубі похибки. Якщо відсутня стохастичність, то досліджувана величина є детермінованою і при постановці задачі стохастичної оптимізації за даним параметром отримаємо А-модель:

$$F^0[x(\omega), \omega] = f_0^*[x(\omega), \omega], \quad (1)$$

де  $F^0[x(\omega), \omega]$  - деякий функціонал, що розглядається як критерій оптимізації (цільова функція)

$f_0^*(\cdot)$  - значення випадкової функції  $f_0(\cdot)$  при деяких детермінованих значеннях усіх початкових параметрів.

2) перевірити відповідність отриманого закону теоретичному розподілу, оскільки його оцінка проводилася на основі дослідних даних.

Для цього формулюється відповідна гіпотеза і за відомими критеріями проводиться оцінка (частіше використовують критерій хі-квадрат, а для невеликих вибірок - критерій Стюдента).

**Висновки.** Проведений в роботі аналіз показав доцільність моделювання випадкової складової процесу комбінованої енергосистеми для підвищення її енергетичної і економічної ефективності. Вибір моделі відповідає задачі оптимізації складу та режиму роботи генеруючого обладнання.

**Список використаних джерел**

1. Лисенко О. В. Розрахунок параметрів математичної моделі споживання електричної енергії. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2018. Вип. 8, т. 2. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvtdau\\_2018\\_8\\_2\\_31](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvtdau_2018_8_2_31) (дата звернення 22.05.2020).
2. Оптимизация соотношения мощностей ветровых и солнечных электростанций / Н. П. Кузнецов и др. *Проблемы региональной энергетики* / Институт энергетики АНМ. Кишенёв, 2018. № 3(38). С. 127-140. DOI: 10.5281/zenodo.2222378.
3. Лисенко О. В., Нестерчук Д. М., Мельник О. А. Оцінка показників комбінованої локальної енергосистеми з накопиченням енергії. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2019. Вип. 203. С. 34-39.

УДК 621.311

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ****Трикоз В. О., інженер****Галавуря М. М., інженер****Постол Ю. О., к.т.н., доцент****Стручась М. І., к.т.н., доцент***Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна***e-mail:** valeron-750@yandex.ua**e-mail:** nick03041@gmail.com**e-mail:** yuliapostol111@gmail.com**e-mail:** usun105@gmail.com

**Актуальність та постановка проблеми.** Підвищення енергоефективності передбачає поліпшення енергетичних характеристик, постачання різних типів енергії та поліпшення управління або організації енергоспоживання. Заходи з підвищення енергоефективності та енергозбереження впливають на різні галузі економіки, часто в різних областях одночасно, а прямий вплив в одній області економіки може впливати на іншу.

Масштаби інвестицій в енергоефективність та енергозбереження сьогодні значні, а їх внесок у розвиток енергозабезпечення настільки ж великий, як первинних енергетичних ресурсів. Але щоб по-справжньому оцінити потенціал енергетичної ефективності треба розробляти, обґрунтовувати та впроваджувати стандарти мінімальної енергоефективності для будинків, офісів, автомобілів, електроприладів і таке інше.

**Основні матеріали дослідження.**

Заходи з енергоефективності та енергозбереження орієнтовані головним чином на:

- раціональне споживання енергії;
- режим заощадження енергії.

Енергоефективність та енергозбереження є важливим аспектом і націлені на такі види діяльності, як скорочення втрат у виробництві електроенергії або підвищення промислової діяльності. Важливі обидві форми.

В результаті підвищення енергетичної ефективності та енергозбереження може виникнути хвильовий ефект у всій економіці, що позитивно вплине на її розвиток в цілому.

Перелік більш численних переваг, які можуть бути отримані за допомогою цих заходів [1-5]:

- Здоров'я і благополуччя

Заходи з енергетичної ефективності та енергозбереження в житловому секторі особливо помітно впливають на здоров'я населення і пов'язані з цим соціальні наслідки. Підвищення енергоефективності та енергозбереження в будівельній галузі може сприяти поліпшенню здоров'я жителів житлових будинків, офісних працівників та багатьох інших груп, а також населення в цілому. Вплив на здоров'я в рівній мірі пов'язаний з енергоефективним житлом і побутовою технікою.

- Боротьба з бідністю і доступність енергії

В умовах високих цін на енергію і фінансових обмежень, незаможні часто не можуть дозволити собі достатньо енергопослуг для підтримки здорових умов життя, змушені недостатньо обігрівати будинки, що викликає гіпотермію, терпіти погану якість повітря в приміщеннях і/або відмовлятися від інших предметів першої необхідності, таких як продукти харчування. Енергоефективність та енергозбереження можуть вирішити цю проблему шляхом вжиття заходів на рівні домогосподарств для скорочення витрат на електроенергію шляхом ізоляції та проектування, постачання ефективних приладів, обладнання для опалення приміщень та водяного опалення та освітлення, а також навчання ефективному використанню енергії серед мешканців.

- Промислова продуктивність і конкурентоспроможність

Для підвищення промислової продуктивності і конкурентоспроможності існує багато напрямків впровадження енергоефективності виробництва та енергозбереження. Вони



впливають на збільшення прибутку, більш безпечні умови праці, сталість і поліпшення якості і випуску продукції, зниження капітальних і експлуатаційних витрат і скорочення споживання сировини і енергії.

- Переваги для постачальників енергії та інфраструктури

На перший погляд може здатися, що енергоефективність та енергозбереження суперечать комерційним інтересам постачальників енергії. Однак дослідження показують, що постачальники енергії отримують багато переваг з точки зору надання більш якісних енергетичних послуг клієнтам, зниження експлуатаційних витрат і підвищення прибутку.

- Збільшення вартості активів

За продаж нерухомості з кращими енергетичними показниками інвестори готові платити вищу орендну плату і премії.

Енергоспоживання є однією з найбільших операційних витрат у більшості офісів, тому чиста приведена вартість майбутньої економії енергії може бути додана до вартості перепродажу. Існуючі аналізи даних показують, що "зелені" будівлі збільшили вартість перепродажу і орендні ставки, а також пропонують широкий спектр переваг навіть за межами вартості активів: вони мають більш високі показники зайнятості, підвищений комфорт, більш низькі експлуатаційні витрати і більш низькі ставки капіталізації і більш високий приріст продуктивності.

- Створення робочих місць

Інвестиції в програми енергоефективності та енергозбереження мають значний потенціал для створення робочих місць з коротким часом виконання. Чисте поліпшення показників зайнятості можна пояснити програмами підвищення за рахунок прямого створення робочих місць і побічно за рахунок надлишкових споживчих витрат на додаток до інших пільг таким, як скорочення допомог по безробіттю. Прямі робочі місця, створювані при здійсненні заходів з підвищення енергоефективності та енергозбереження найлегше піддаються вимірюванню.

- Енергетична безпека

Енергоефективність відіграє певну роль у зниженні залежності країн від імпорту для задоволення їх потреб і, отже, сприяє формуванню диверсифікованого енергетичного балансу.

- Макроекономічні ефекти

Підвищення енергоефективності та енергозбереження можуть призвести до значних позитивних макроекономічних наслідків, таких як збільшення ВВП, торговельний баланс, реструктуризація економіки, зайнятість та національна конкурентоспроможність. Вони можуть мати значний вплив на бюджет країни. Інвестиції в цей напрямок припускають переведення капіталу з енергетики на менш енергоємні види діяльності. Це може мати значні наслідки для економіки та енергетичного менеджменту в цілому, якщо переклад передбачає перебудову економіки на більш трудомістку діяльність.

- Скорочення викидів парникових газів

Підвищення енергоефективності та енергозбереження призводять до скорочення споживання енергії викопного палива і до скорочення викидів парникових газів. Дійсно, заходи, як очікується, сприятимуть скороченню викидів вуглецю на 44% до 2035 року, щоб дає шанс досягти міжнародних цілей в області уповільнення зміни клімату. У порівнянні з іншими заходами щодо скорочення викидів парникових газів, підвищення енергоефективності, як правило, є більш економічно ефективним і може бути реалізовано швидко.

Скорочення викидів вже визнано в якості одного з основних результатів заходів з підвищення енергоефективності і часто вже вимірюється в якості само собою зрозумілого при оцінці існуючих програм.

- Зниження цін на енергоносії

Зниження цін на енергоносії визначаються низкою факторів, таких як рівень енергопостачання, попит на енергоносії та умови ринкової торгівлі. За інших рівних умов, якщо попит на енергетичні послуги знизиться, ціни на енергоносії повинні впасти, і очікується, що підвищення енергоефективності та енергозбереження забезпечать необхідне скорочення попиту на енергоносії. Енергоефективність та енергозбереження

- **Управління природними ресурсами**

Ще однією вигодою від скорочення попиту на енергію є ослаблення тиску на природні ресурси. З урахуванням того, що до 2035 року світове виробництво звичайної сирої нафти буде скорочуватися енергоефективність та енергозбереження будуть все більш важливим заходом для ослаблення тиску на обмежені ресурси.

**Висновки.** Енергоефективність для України - це ще й можливість забезпечити власну енергонезалежність, скорочуючи залежність від експорту енергоносіїв. За оцінками фахівців, комплексне впровадження заходів енергозбереження та енергоефективності в Україні допоможе знизити споживання енергії на 45%. Інвестування в енергоефективність - це стратегічний підхід, який дозволить забезпечити конкурентоспроможність України в довгостроковій перспективі.

#### **Список використаних джерел**

1. Постол Ю., Закревський Д. Реалізація політики з енергозбереження. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: матеріали VI Всеукр. наук.-техн. Інтернет-конф. молодих учених, магістрантів та студентів за підсумками наукових досліджень 2018 року. Мелітополь, ТДАТУ, 2019. Вип. VI. С. 17-20.

2. Арутюнян А. А. Основы энергосбережения. Москва: Энергосервис, 2007. 600 с.

3. Кукис В. С., Романов В. А., Постол Ю. А. Двигатели Стирлинга вчера, сегодня, завтра. *Ползуновский альманах*. 2009. № 3, т. 1. С. 93–98.

4. International Energy Agency. Statistics and Balances. Countries Beyond the OECD: 2011. URL: <http://www.iea.org/stats> (дата звернення: 18.05.2020).

5. Кесарийский А. Г., Постол Ю. А., Сатокин В. В. Исследование деформирования резьбового соединения головки и блока цилиндров поршневого двигателя. *Двигатели внутреннего сгорания*. 2010. № 1. С. 51 – 53.

УДК 378:621.31

**ПІДГОТОВКА КАДРІВ В ОБЛАСТІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ****Тимофєєв С. О., інженер****e-mail: ergejtimofeev82@gmail.com****Постол Ю. О., к.т.н., доцент****e-mail: yuliapostol111@gmail.com***Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** Інноваційний розвиток більшості розвинених країн світу, - це багатоаспектна проблема, одним з ланок якої є розвиток енергетичного потенціалу як на рівні підприємств і домашніх господарств, так і на рівні всієї держави. Енергетичний потенціал пов'язаний зі створенням і впровадженням нових енергозберігаючих технологій, а також з підвищенням енергоефективності кожного підприємства і будь-якого, навіть найменш енерговитратного, виробництва. У зв'язку з цим гостро постає питання про відповідне кадрове забезпечення. Питання кадрового забезпечення енергетичної галузі, підготовки кадрів в галузі енергозбереження є сьогодні актуальними [1].

**Основні матеріали дослідження.** Незважаючи на необмежену потреба у висококваліфікованих кадрах, сьогодні кадровий склад енергетичних підприємств з різних причин не відповідає необхідному рівню. Серед основних причин слід виділити[2-3]:

- недолік спеціалізованих вищих і середніх спеціальних навчальних закладів, які працюють в напрямку підготовки енергоефективних кадрів;

- досить високий рівень переходу фахівців в інші галузі промисловості, які характеризуються більш високим рівнем заробітної плати; разом з цим спостерігається і перенесення в суміжні галузі напрацьованої когнітивної бази та інтелектуального потенціалу осіб, які отримали освіту і придбали хоча б мінімальний досвід роботи в енергетичних компаніях;

- як і в інших галузях, в енергетиці значний вплив має демографічний фактор, адже працездатне населення складає всього близько половини громадян країни [4].

Кількісна сторона проблеми поступово переходить в якісну. Це пов'язано з компетенцією навчальних структур і взаємодією соціально-політичних інститутів.

Енергетика - одна з найбільш високотехнологічних галузей, тому спеціальну освіту зайнятих в ній людей передбачається навіть для представників нижчих посад, не кажучи про менеджерів середньої та вищої ланок [5]. Швидше під час вступу до вузу молоді люди керуються зовсім іншими причинами, тоді як усвідомлення важливості професії і ідентифікація себе в цій професії відбувається дещо пізніше. В цьому плані особливої важливості набуває система перепідготовки та перенавчання кадрів.

Мова йде про співробітників, які вже мають вищу освіту, досвід роботи на різних посадах, але прагнуть підвищувати свою кваліфікацію і створювати сприятливі передумови для подальшого кар'єрного зростання. Підприємства в більшості випадків не мають, а якщо мають, то чи не реалізують програми кадрової політики. По-перше, національна економіка України, на жаль, не створює сприятливих умов для успішної реалізації довгострокових планів розвитку, а підготовка кваліфікованого кадру - це справа кількох років. По-друге, часто буває так, що підготовка власного кадру обходиться підприємству дорожче і дається складніше, ніж залучення нового готового фахівця. Хоча дане питання досить спірне, адже досвід багатьох підприємств ілюструє той факт, що вирощені ними самими фахівці працюють набагато ефективніше, ніж прийшли ззовні. Мало того, в енергетиці відсутня уніфікація бізнес-процесів, в зв'язку з чим готового нового фахівця все одно доводиться доучувати і переучувати, тому створення стимулів до навчання власного кадру - найбільш ефективний вид інвестицій в майбутній розвиток підприємства. Недостатньо розвинене нормативно-правове регулювання гальмує інтеграційні процеси в освіті та виробництві. Тут грає роль і людський фактор, пов'язаний з нездатністю або відсутністю можливості навчання окремих перспективних

учасників виробничого процесу. І хоча раніше вузи були основним джерелом інженерних кадрів для енергетичної галузі, то сьогодні ті нюанси, які намітилися в системі вищої освіти, дещо змінили цю традицію. По-перше, вузи з очним навчанням в основному орієнтовані на випускників шкіл, а не на осіб з середньою професійною освітою, які, як правило, мають можливість навчатися тільки за очно-заочною формою, яка сьогодні розглядається як другорядна. По-друге, вузи використовують максимально стандартизовані навчальні плани і освітні технології.

**Висновки.** Тому в якості альтернативи вузівської підготовки кадрів можна запропонувати метод створення на підприємствах корпоративних або спеціалізованих центрів навчання і перепідготовки кадрів. Однак внаслідок значних матеріальних витрат це можливо тільки в великих концернах або холдингах. Очевидно, що автономний розвиток освітньої сфери не здатний дати належного забезпечення інноваційного вектору енергетики, а її кадрам - високого рівня кваліфікації. Освіта і виробництво - це елементи єдиного інноваційного організму, і їх розвиток передбачає тісну співпрацю і взаємне збагачення. Можна запропонувати практико-орієнтовану систему професійної підготовки на базі навчання із застосуванням сучасних інформаційно-комунікаційних технологій без відриву від виробництва. Взаємовигідне співробітництво і налагодження зв'язків між освітніми установами та підприємствами - це шлях до комплексної підготовки висококваліфікованих кадрів для енергетики.

#### **Список використаних джерел**

1. Хамзина Л. И., Суворова О. В., Багаутдинова А. И. Проблема подготовки кадров в области энергосбережения и энергоэффективности предприятий и организаций. *Эффективные системы менеджмента – стратегии успеха*: мат. Междунар. науч.-практ. форума. Казань, 2011. С. 129–133.
2. Ягафаров Р. Д. Повышение энергоэффективности и энергосбережения в организациях бюджетной сферы и в корпоративном секторе. *Эффективные системы менеджмента – стратегии успеха*: мат. Междунар. науч.-практ. форума. Казань, 2011. С. 144–149.
3. Теплышев В. Ю. Анализ структуры и функций информационно–аналитических систем в энергоменеджменте. *Экономика и управление в машиностроении*. 2017. № 2. С. 42–45.
4. Кукис В. С., Романов В. А., Постол Ю. А. Двигатели Стирлинга вчера, сегодня, завтра. *Ползуновский альманах*. 2009. № 3, т. 1. С. 93–98.
5. Постол Ю.О., Закревський Д. Реалізація політики з енергозбереження. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: мат. VI Всеукр. наук.-техн. Інтернет-конф. ... 2018 року. Мелітополь, 2019. Вип. VI. С.17-20.
6. Бурцева С. О., Постол Ю. О. Система енергоменеджменту – шлях до створення “зеленої” економіки. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: Мат. I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції. Мелітополь, 2020. С. 290-293.

УДК 621.313.17

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ АСИНХРОННИХ І ВЕНТИЛЬНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Галавура М. М., магістр

Курашкін С. Ф., к.т.н.

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

*Мелітополь, Україна*

**e-mail:** nick0341@gmail.com

**e-mail:** stones@ukr.net

**Актуальність та постановка проблеми.** Ще зовсім недавно вибір електроприводу був обмежений асинхронними електродвигунами та електродвигунами постійного струму. Однак у зв'язку з поширенням нових технологій у виробництві, зросли технічні вимоги, що висувуються до керованих електричних машин – діапазон регулювання швидкості, динаміка і точність відтворення руху, к.к.д., електромагнітна сумісність і надійність, енерго- і ресурсозбереження. Завдяки прогресу в області електротехніки, напівпровідникової електроніки і технології створення потужних неодимових магнітів, в останній час набувають широкого поширення безколекторні двигуни постійного струму [1].

Доцільність застосування типу електродвигуна треба розглядати у розрізі їх порівняльних характеристик при виконанні конкретної задачі, яка перед ним ставиться, однак одним з перших стає питання про їх переваги і недоліки – це дозволить зробити висновки щодо доцільності використання того чи іншого типу. Проведемо порівняльний аналіз вентильного електродвигуна з найбільш врихтованим типом – асинхронним електродвигуном.

**Основні матеріали дослідження.** Вентильний електропривод є електронно-комутованим двигуном, які в міжнародній класифікації мають назву BLDC (Brushless Direct Current) – безщіточні двигуни постійного струму, також їх називають безколекторними електродвигунами з постійними магнітами через те, що контролер такого двигуна зазвичай живиться від постійної напруги. Безколекторні вентильні двигуни отримали широке поширення завдяки розвитку силової електроніки, мікропроцесорної техніки та матеріалознавству.

Асинхронний електродвигун – електричний двигун змінного струму, частота обертання ротора якого не дорівнює частоті обертання магнітного поля, створюваного струмом обмотки статора, має просту конструкцію та схему керування. Асинхронна машина має статор і ротор, розділені повітряним зазором [2]. Фази обмотки статора з'єднують за схемами «трикутник» або «зірка». Управління двигуном здійснюється за допомогою релейно контактних засобів. Зміна швидкості обертання можлива ступенева, за рахунок перемикання кількості полюсів або плавна за допомогою регуляторів напруги або частотних перетворювачів.

BLDC двигун за своєю конструкцією нагадує синхронний. Даний двигун складається зі статора, ротора, ДПР (датчик положення ротора) та системи управління. Статор має класичну конструкцію – до складу входить магнітопровід з обмоткою, яка визначає кількість фаз. Ротор виготовляють із постійних магнітів з кількістю пар полюсів від двох до восьми. Датчик положення ротора забезпечує зворотний зв'язок і виконаний на базі датчиків з ефектом Хола [3]. Система управління складається з силових ключів, що входять до складу інвертора струму або напруги. Процес управління ключами реалізується шляхом використання мікроконтролера.

Вентильні BLDC двигуни за рахунок використання сучасних постійних магнітів на основі рідкоземельних матеріалів знаходять більше застосування в якості приводу електромобілів, в верстатах ЧПУ, в медичних приладах тощо. Двигуни такого типу мають класичну трифазну обмотку статора, яка живиться від інвертора напруги.

На відміну від асинхронного електродвигуна для роботи BLDC двигуна необхідний спеціальний контролер, який включає обмотки таким чином, щоб вектори магнітних полів якоря і статора були ортогональні один до одного. Тобто, контролер регулює крутний момент, діючий на якор (рисунок 1).

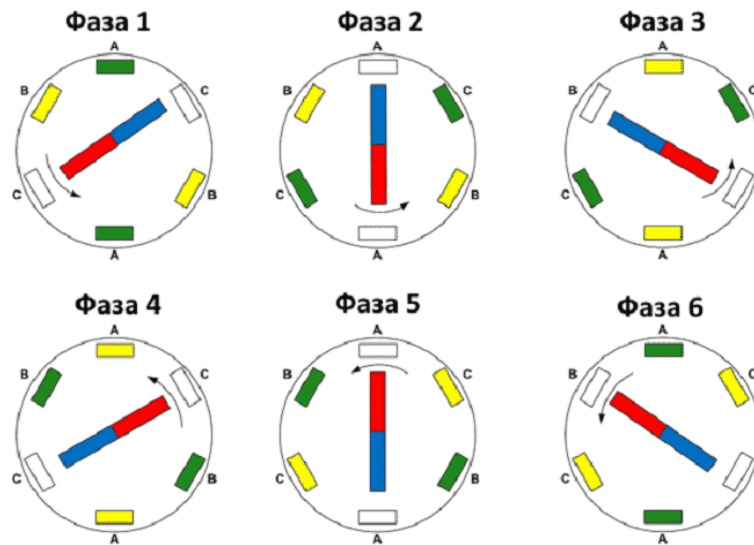


Рис. 1. Фази роботи безколекторного двигуна

Для кожного переміщення якоря необхідно виконувати певну комутацію в обмотці статора вентильного двигуна. Такий принцип роботи не дозволяє плавно керувати обертянням, але дає можливість швидко набрати обертів. BLDC двигуни характеризуються малими електромеханічними постійними часу, мають велику перевантажувальну здатність і можливість розвитку моменту в нерухомому стані, широкий діапазон регулювання швидкості при забезпеченні високої рівномірності руху, малі габаритні розміри [3].

Таким чином можна зробити деякі порівняльні характеристики різних типів електродвигунів.

Основною перевагою асинхронного двигуна є проста конструкція і спосіб управління, менша вартість, висока експлуатаційна надійність [4], невисокі експлуатаційні витрати, можливість включення в мережу без будь-яких перетворювачів. Серед недоліків: не великий пусковий момент, значний пусковий струм, відсутність можливості регулювання швидкості при підключенні безпосередньо до мережі, обмеження максимальної швидкості частотою мережі, квадратична залежність електромагнітного моменту від напруги живлення, низький коефіцієнт потужності.

Переваги вентильного електродвигуна – довший термін служби порівняно зі звичайними колекторними аналогами, високий к.к.д., швидкий набір максимальних обертів, робота в пожежонебезпечних умовах через відсутність іскроутворення, не потребують додаткового охолодження, значний обертальний момент, широкий діапазон регулювання швидкості при підтриманні частоти обертів на заданому рівні. Основним недоліком BLDC двигуна є відносно висока вартість, а також складність системи керування, неможливість використання двигуна без драйвера, проблемний ремонт (особливо якщо потрібно перемотування).

**Висновки.** Отже BLDC двигуни доцільно використовувати в сферах, де потрібне високоточне регулювання положень, на відмінну від асинхронних які не здатні на такі показники. Крім того їх можна використовувати в установках, в яких необхідна частота обертів понад 10000 об/хв. Але ціна безколекторного двигуна так як і його ремонт перевищують раніше згаданих асинхронні двигуни, роблячи їх менш поширеними в використанні. Таким чином у вентильних і асинхронних електродвигунів різні задачі та не є взаємозамінним при порівняній потужності.

**Список використаних джерел**

1. Гребеников В. В. Сравнительный анализ вентильных двигателей индукторно-реактивного типа с постоянными магнитами на роторе. *Праці Інституту електродинаміки НАН України*. Київ, 2011. Вип. 28. С. 70-75.
2. Експериментальне дослідження режимів роботи асинхронного двигуна при несиметрії напруг мережі / С. Ф. Курашкін, В. В. Овчаров, О. Ю. Вовк, І. О. Попова. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2003. Вип. 15. С.153-157.
3. Безщітковий двигун постійного струму (BLDC). URL: <https://webstarsnet.com/uk/23-brushless-dc-bl-dc-motor-construction-and-working.html> (дата звернення: 06.05.2020).
4. Курашкін С. Ф., Попова І. О., Попрядухін В. С. Комбінований струмовий захист асинхронного електродвигуна. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Харків, 2018. Вип. 195: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С.108-109.

УДК 621.321

**УТИЛІЗАЦІЯ І ПЕРЕРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП****Трикоз В. О.,** магістр**e-mail:** valeron-750@yandex.ua**Курашкін С. Ф.,** к.т.н.**e-mail:** stones@ukr.net*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** Найбільш гострим питанням у використанні енергозберігаючих люмінесцентних ламп (ЕЛЛ) є проблема їх утилізації та безпеки використання. Кожна лампа містить 3-5 мг ртуті, що знаходиться в агрегатному стані у вигляді парів, тому небезпеку становить не тільки процес утилізації відпрацьованих ламп, але і неакуратне поводження з ними у побуті. Під час пошкодження лампи вивільнюються пари ртуті, які можуть викликати важке отруєння, оскільки ртуть є надзвичайно небезпечною хімічною речовиною. Гранично допустима концентрація ртуті в атмосферному повітрі і повітрі житлових, громадських приміщень становить 0,0003 мг/м<sup>3</sup>. В умовах стандартного закритого приміщення без провітрювання (наприклад, в зимовий час) в результаті пошкодження однієї лампи короткочасно, протягом декількох годин, можливе досягнення концентрації ртуті в повітрі до 0,05 і більше, що перевищує гранично допустиму концентрацію більш ніж в 160 разів [1].

Наразі знайшли широке застосування більш небезпечні світлодіодні лампи, які мають також ряд інших переваг, однак використання ЕЛЛ ще триватиме декілька років. Ситуація в Україні зі зберіганням та утилізацією небезпечних відходів, зокрема люмінесцентних побутових ламп, поки дуже далека від ідеалу. Пошук шляхів вирішення проблеми збору та утилізації ламп ртутьмісних енергозберігаючих є актуальним.

**Основні матеріали дослідження.** Принцип роботи ЕЛЛ заснований на електричному розряді в інертному газі з парами ртуті, в результаті чого виникає ультрафіолетове випромінювання. У видиме світло воно перетворюється за допомогою люмінофора.

За рахунок високої енергоефективності ЕЛЛ дозволяють знизити витрати електроенергії на освітлення, однак їх використання вимагає більш уважного ставлення після закінчення терміну служби. У разі не дотримання певних правил існує реальна загроза для здоров'я користувачів і погіршення екологічного стану. Близько 92% ваги освітлювального приладу становить скляна трубка, 2% – метал, інші 6% – люмінофор і ртуть, через що ЕЛЛ відноситься до першого, тобто найвищого класу небезпеки.

Існують декілька способів утилізації ламп:

- під час термічної демеркуризації лампи подаються в спеціальну установку, де після їх подрібнення ртуть випаровується, її пари під дією сорбенту уловлюються і осідають в конденсаторі;
- при термовакуумному методі ртуть потрапляє до вакуумної камери, де відбувається її конденсація і вимороження рідким азотом, після чого ртуть збирається до приймача;
- реагентний метод заснований на обробці подріблених ЕЛЛ хімічними реагентами з метою отримання важкорозчинної сполуки ртуті.

Утилізуючи одну лампу ЕЛЛ вагою до 150 грам, можна отримати до 50 грам скла і близько 5 мг ртуті, які відправляються на повторне використання у виробництві.

Після утилізації шкідливої ртуті з лампи також залишається електронний пускорегулюючий апарат (ЕПРА), на базі якого можна виготовити малопотужний імпульсний блок живлення постійного струму [2]. Під час переробки ЕПРА в блок живлення знижують вихідну напругу перетворювача з 100-150 В до безпечних 12-15 В за рахунок перемотування вихідної обмотки імпульсного трансформатора – як правило кількість витків вторинної обмотки, яку треба перемотати, незначна. Після чого напругу випрямляють діодним містком та



забезпечують фільтрацію змінної складової за допомогою згладжувального фільтру – на рисунку 1 позначено VD8-VD1 та C8, C9 відповідно.

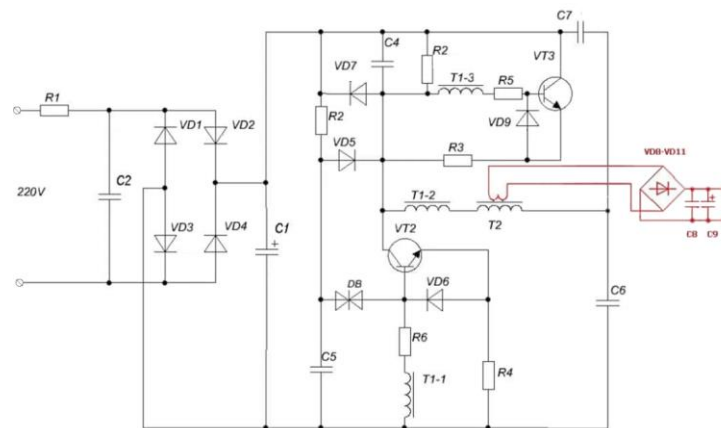


Рис. 1. Імпульсний блок живлення на базі ЕПРА

Якщо вихідна напруга потребує стабілізації, після містка встановлюється інтегральний стабілізатор на потрібну напругу, наприклад, КР142ЕН8Б (LM7812) на 12 В [3].

**Висновки.** Ситуація в Україні зі зберіганням та утилізацією небезпечних відходів, зокрема люмінесцентних побутових ламп, поки далека від вирішення, але поступово можна помітити зміни – деякі вітчизняні заводи почали приймання відпрацьованих енергозберігаючих ламп, залучаються іноземні компанії з утилізації.

#### Список використаних джерел

1. Смирнова Н. К., Певцов А. М. Экологическая опасность применения источников света. *Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*. Воронеж, 2016. Вип. 1(7), т. 1. С. 342-345.

2. Блок питания из энергосберегающей лампы. URL: <https://lampaexpert.ru/vidy-i-tipy-lamp/energoberegayushhie/blok-pitania-iz-energoberegausej-lampy-svoimi-rukami> (дата звернення: 19.05.2020).

3. Курашкін С. Ф. Електроніка та мікросхемотехніка: курс лекцій. Мелітополь: Люкс, 2019. 146 с.

### СЕКЦІЯ 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ І КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ



УДК 621.64

#### ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ДОЗУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО БАКТЕРИЦИДНОГО ЗНЕЗАРАЖУВАЧА ВОДИ

Червінський Л. С., д.т.н.

e-mail: lchervinsky@gmail.com

Книжка Т. С., к.т.н.

Романенко О. І., к.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Актуальність та постановка проблеми.** У світовій практиці визнано, що ультрафіолетове випромінювання є ефективним профілактичним санітарно-епідемічним заходом, що пригнічує життєздатність мікроорганізмів у повітрі, воді та на відкритих поверхнях. Бактерицидне знезаражування води ультрафіолетовим випромінюванням не викликає залишкових наслідків при дезінфекції води, не призводить до утворення шкідливих та потенційно небезпечних речовин, не змінює її органолептичні властивості і є достатньо простим та дешевим методом.

Розрізняють бактерицидні установки погрузного та поверхневого способів опромінювання. Для їх ефективної роботи важливим є забезпечення регулювання нормованої дози ультрафіолетового опромінювання потоку води для отримання дезінфікуючого ефекту. В установках поверхневого типу опромінювач з бактерицидними лампами підвішується над поверхнею потоку знезаражуваної води і при постійній швидкості потоку води ефективність опромінювання доцільно підтримувати, в залежності від забрудненості води, зміною висоти підвісу опромінювача.

**Основні матеріали дослідження.** Представлена система автоматизованої опромінювальної установки являє собою багатозв'язкову систему автоматичного регулювання: замкнуту динамічну систему, що складається з об'єкта регулювання (опромінювальної установки) і керуючого пристрою, основним елементом якого є автоматичний регулятор висоти підвісу опромінювача (рис.1).

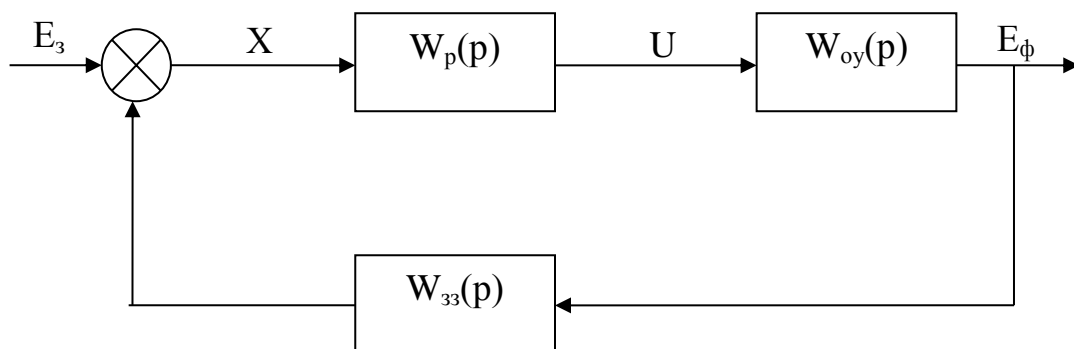


Рис. 1. Структурна схема багатозв'язкової системи автоматичного регулювання дози ультрафіолетового опромінювання:  $E_3$  – задана (нормована) інтенсивність потоку опромінювання;  $E_\phi$  – фактичне значення інтенсивності потоку опромінювання;  $X$  – неузгодженість інтенсивностей випромінювання;  $U$  – керуючий вплив на об'єкт опромінювання

Стан опромінювача характеризується вихідним (регульованим) значенням інтенсивності ультрафіолетового випромінювання. Це фактичне значення регульованої величини (від датчика

зворотного зв'язку, фотоелемента) спільно з заданим значенням необхідної інтенсивності опромінення подається на вхід регулюючого пристрою, який перетворює отриману інформацію та через виконавчий механізм (електродвигун з редуктором) впливає на об'єкт (опромінювач) за допомогою блоку зміни висоти підвісу опромінювача.

Оскільки переміщення опромінювача має інтегральну залежність від швидкості побертання вала редуктора, тобто залежить від швидкості обертання вала ротора електродвигуна, яка пропорційна напрузі, що подається на статорну обмотку електродвигуна, то передавальна функція електропривода матиме вигляд

$$W_{\text{об}}(p) = k_{\text{об}} / (T_{\text{об}}p + 1), \quad (1)$$

де  $k_{\text{об}}$  – коефіцієнт передачі електродвигуна з редуктором;  $T_{\text{об}}$  – постійна часу електродвигуна.

Передавальна функція об'єкта управління (опромінювача з ультрафіолетовими бактерицидними лампами) по керуючому впливу (переміщенню опромінювача вгору або вниз над поверхнею потоку води) можна записати у вигляді

$$W_{\text{оу}}(p) = k_{\text{оу}} / (T_{\text{оу}}p + 1), \quad (2)$$

де  $T_{\text{оу}}$  – постійна часу опромінювальної установки;  $k_{\text{оу}}$  – коефіцієнт передачі опромінювальної установки.

Передавальна функція датчика зворотного зв'язку (фотоелектричного перетворювача бактерицидного випромінювання в електричний сигнал)

$$W_{\text{зз}}(p) = k_{\text{фн}} / (T_{\text{фн}}p + 1), \quad (3)$$

де  $T_{\text{фн}}$  – постійна часу фотоелектричного перетворювача ;  $k_{\text{фн}}$  – коефіцієнт передачі фотоелектричного перетворювача.

Аналізуючи структурну схему автоматизованої системи опромінення (рис.1) передавальну функцію досліджуваної системи можна записати як

$$W(p) = W_{\text{оу}}(p) W_{\text{об}}(p) W_{\text{зз}}(p) \quad (4)$$

або, враховуючи, що  $T_{\text{фн}}$  – постійна часу фотоелектричного перетворювача та  $T_{\text{оу}}$  – постійна часу опромінювальної установки становлять доли секунди, то ними можна знехтувати ( тобто *прирівняти до нуля*). Передавальна функція системи опромінення матиме вигляд:

$$W(p) = k_{\text{об}} k_{\text{фн}} k_{\text{оу}} / (T_{\text{об}} p + 1), \quad (5)$$

Визначена передавальна функція автоматизованої системи поверхневого бактерицидного знезараження води ультрафіолетовим випромінюванням може бути використана для дослідження і побудови систем автоматизованого управління даного типу.

**Висновки.** Розроблено систему автоматичного регулювання дози бактерицидного знезараження води в знезаражувальних установках поверхневого типу ультрафіолетового опромінення. Визначено та досліджено її передавальну функцію, що дає можливість підтримувати інтенсивність ультрафіолетового бактерицидного випромінювання на заданому нормованому рівні за допомогою зміни висоти підвісу опромінювача над поверхнею потоку опромінюваної води в залежності від зміни швидкості потоку води, його глибини або забрудненості.

### Список використаних джерел

1. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування. Київ: Либідь, 2007. 656 с.
2. Knizhka T., Romanenko O., Usenko S. Enhancement of the efficiency of ultraviolet irradiation of liquids. *Енергетика та автоматика*. 2018. № 5. URL: [// C:/Users/Downloads/eia\\_2018\\_5\\_13.pdf](http://C:/Users/Downloads/eia_2018_5_13.pdf) ( дата звернення: 20.05.2020).
3. Червінський Л. С., Книжка Т. С. Науково-технічні проблеми застосування оптичного випромінювання в сільськогосподарському виробництві. *Науковий вісник НУБіП України*. Київ, 2012. Вип. 174. С. 59–65.

УДК 637.3.02

## ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИРОРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Волкова І. Д., студентка 41-ЕЕ групи

Гулевський В. Б., к.т.н., доцент

e-mail: v\_gul@meta.ua

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

*Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** Молочні продукти є важливими продуктами харчування. Виробництво високоякісних молочних продуктів і забезпечення збереження молочних товарів вимагає певних знань в області технології виробництва і переробки молока, ідентифікації, видів і способів упаковки, маркування, транспортування і зберігання.

Одним з найперспективніших молочних продуктів являється сир. Сир - різноманітний продукт. Для виробництва 1 кілограма вимагається, в середньому, 7-10 літрів молока. Крім того, багато сортів сиру відносяться до преміальних продуктів: їх виробництво, з урахуванням терміну визрівання, вимагає декількох років [1].

Для правильної організації треба чітко дотримуватися технології виробництва і добре налагоджене обладнання. Правильна організація починається зі зберігання сировини, потім важливий етап – очищення від домішок і підготовка до виробництва. Під час виробництва сировина піддається різного роду обробці. Також, може оброблятися термічно або, якщо технологія вимагає, додаються хімічні та біологічні речовини. Кінцевий етап передбачає розфасовку і доведення до товарного вигляду.

Інтенсивний розвиток техніки для сироробної промисловості припадає на 60-80-ті роки, коли одна за одною стали з'являтися машини, які докорінно перетворили одну з відсталих в технічному оснащенні галузь молочної промисловості в високомеханізовану, що відповідає сучасним вимогам виробництва. Це обладнання і зараз становить основу сироваріння. За останні ж роки принципово нових машин і апаратів не з'явилося. На багатьох підприємствах здійснюється лише модернізація створеного раніше обладнання, вдосконалення окремих вузлів і механізмів, заміна сучасними елементами автоматики, що передбачає виробництво сирів за рівнем використання людської праці майже виробленими вручну. Таким чином одна з основних проблем сироробної промисловості - низький рівень автоматизації виробництва.

**Основні матеріали дослідження.** Все різноманіття сирів має спільні та відмінні ознаки в технології виробництва. До загальних можна віднести підготовку молока перед внесенням закваски, до розпізнавальних - склад закваски, температуру другого нагрівання, тривалості другого нагрівання і вимішування сирного зерна.

Технологія виробництва твердого сиру доволі складна та тривала в часі. Загальний технологічний процес виробництва сирів об'єднує кілька операцій. Приготування складається з підготовки молока до виробництва, зсідання молока та обробки згустку, формування, пресування та посолу, а також визрівання сиру.

Після перевірки якості, молоко подається до резервуару 1, з нього відцентрованим насосом 2 перекачують до пластинчатого теплообмінника 3, нагрівають до температури від 35 °С до 45 °С (рис.1). Після цього через сепаратор-молокоочисник 4, за допомогою насоса 5 молоко поступає до пластинчатого охолоджувача 6, а через нього до резервуара 7 для дозрівання при температурі від 80 °С до 120 °С протягом 10 годин. Після цього часу, через насос 8, вирівнюваний бак 9 та насос 10 подається до секції рекуперації пастеризаційно-охолоджувальної установки 12 і нагрівають до температури від 40 °С до 45 °С.

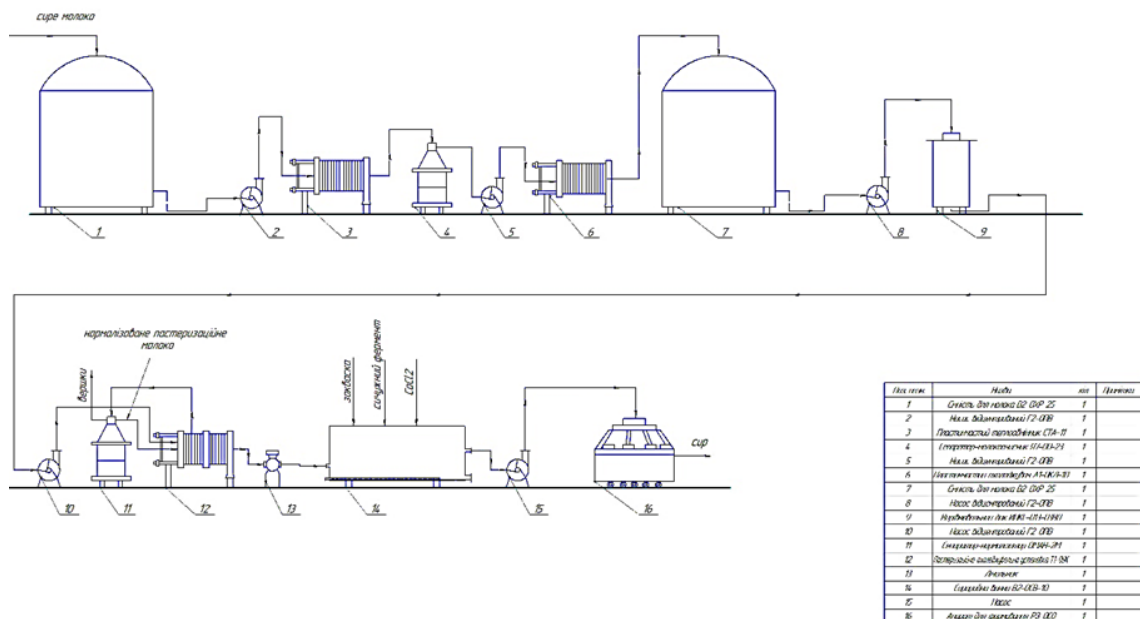


Рис. 1. Технологічна схема виготовлення твердого сиру

Далі молоко надходить в сепаратор-нормалізатор 11, в якому безперервна нормалізація молока поєднана з очищенням його від механічних домішок. У сепараторі 11 молоко розділяється на дві фракції: нормалізоване молоко і вершки. Нормалізоване молоко повертається в іншу секцію установки 12 для пастеризації при температурі 72 °С з витримкою тривалістю 24 с і наступним охолодженням до температури згортання від 30 °С до 34 °С. Нормалізоване і пастеризоване молоко через лічильник-витратомір 13 завантажують в сироробну ванну 14. Кількість молокозсідального препарату повинно забезпечити згортання молочної суміші за 30 хв при температурі від 30 °С до 34 °С. Після дозування суміш ретельно перемішують протягом 7 хв і залишають у спокої до утворення згустку. Готовність сичужного згустку оцінюють по тривалості згортання і щільності. При розрізуванні готового згустку утворюється рівний розкол і виділяється прозора зелена сироватка. Обробку згустку і отримання з нього сирного зерна проводять з метою його зневоднення, а також регулювання інтенсивності і рівня молочнокислого процесу. Для цього послідовно здійснюють такі операції: розрізання згустку і постановку сирного зерна, вимішування зерна, друге нагрівання і вимішування після нього. Розрізання згустку і постановку сирного зерна виробляють механічними ножами-мішалками, швидкість руху яких регулюється для отримання зерна необхідних розмірів при максимально можливої однорідності і мінімальному утворенні сирного пилу. Готовий згусток розрізають протягом 15 - 25 хв до розмірів зерна від 3 мм до 5 мм. Під час постановки від 30% до 40% сироватки видаляють. При формуванні сиру з пласта сирне зерно разом із залишками сироватки перекачують наливом з сироробної ванни 14 насосом 15 в формувальний апарат 16. У ньому пласт пресується протягом 15 - 25 хв при тиску від 1,0 кПа до 2,0 кПа, потім розрізається на бруски, що відповідають розмірам форм [2].

Для підприємств невеликої потужності, до яких слід віднести фермерські сироварні і сирзаводи найбільш практичними виглядають варіанти автоматизації комплектів обладнання. Їх спеціалізація повинна полягати в прив'язці до конкретної системи енергозабезпечення та технологічними особливостями виробництва сиру. Таке підприємство має бути орієнтоване на випуск двох - трьох видів сиру, близьких по технологічному забезпеченню.

**Висновки.** Аналіз перспектив розвитку сироробної галузі дозволяє зробити висновок, що ця ринкова ніша одна з найбільш перспективних. Але якісне виробництво продукції залежить від стану технологічних процесів. Подальший розвиток цієї галузі буде залежить від можливості автоматизації технологічних процесів [3]. Необхідним є перехід на якісно новий рівень, створення умов для автоматизації

У зв'язку з цим, виробникам молочної продукції необхідно створювати об'єднання, які вкладатимуть значні кошти в модернізацію виробництва.

#### **Список використаних джерел**

1. Волкова І. Д., Гулевський В. Б. Виробництво сирів в країнах Євросоюзу. *VII Всеукраїнська науково-технічна конференція магістрантів і студентів ТДАТУ*: матеріали VII Всеукр. наук.-техн. конф., 11-22 листопада 2019 р. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 64 с.
2. Машкін М. І., Париш Н. М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів: навчальне видання. Київ: Вища освіта, 2006. 351 с.
3. Гулевський В. Б., Кузнецов І. О. Современные тенденции в автоматизации технологических процессов. *Енергозабезпечення технологічних процесів*: зб. тез доповідей VIII Міжнар. наук.-прак. конф. пам'яті І. І. Мартиненка, 13-14 червня 2019 р. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. С. 44.

УДК 664.782

## ВИЯВЛЕННЯ МЕТАЛЕВО-МЕХАНІЧНИХ ДОМІШОК В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПОТОЦІ РИСУ

**Борохов І. В., к.т.н., доцент****e-mail:** bivrabota@gmail.com*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** Важливе місце в житті кожної людини займає процес живлення від якого залежить її життєдіяльність та інші показники. Чим вищий якісний показник та вміст натуральної енергетичної сировини в продуктах, тим вищі показники життєдіяльності. Правильне харчування включає в себе набір харчових продуктів рослинницького та тваринницького походження в різних співвідношеннях. Одним із основних продуктів рослинництва є рис, калорійність якого складає 351кКал/кг/100гр, вміст вуглеводів 75,2 гр./100гр (гречка 67,4 гр./100гр). Технологічний процес переробки рису-сирцю може виконуватися за різними схемами, які включають в себе накопичування, транспортування обладнання, сепарування, очищення шліфування, фасування та аспірацію.

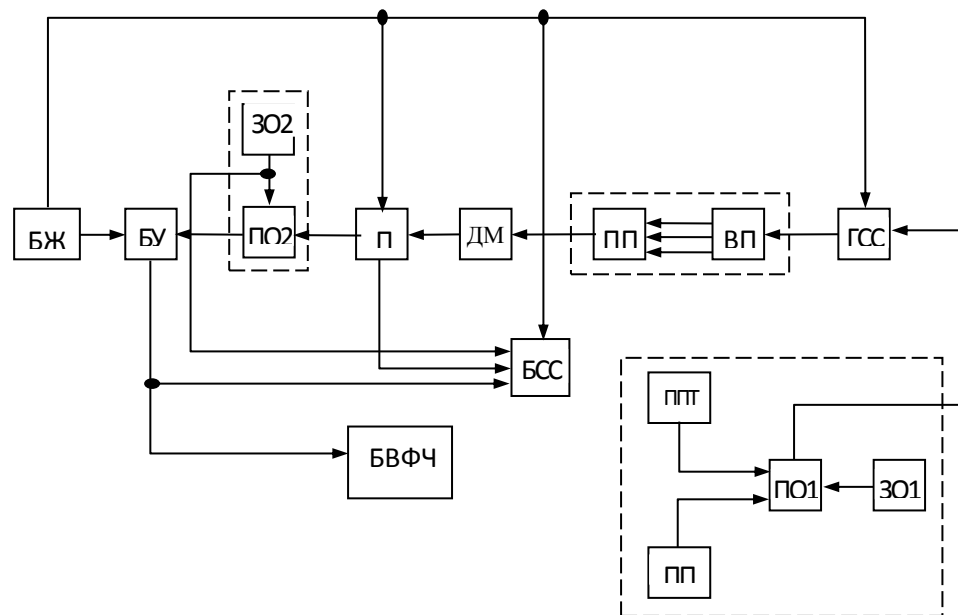
Якісні показники кінцевого продукту залежать від сировини та якості роботи технологічного обладнання, на яке діє багато факторів такі як:

- порушена технологія переробки;
- спрацювання робочих органів;
- погана система аспірації;
- вміст каменеподібних, феромагнітних та інородніх тіл в сировині.

**Основні матеріали.** На основі проведеного аналізу було виявлено те, що порушення технології переробки виникає частіше за рахунок неправильного розрахунку пристроїв по виявленню та вилученню металево-механічних примісів та машин по забезпеченню їх продуктивності, що в свою чергу приведе до перевантаження або не довантаження окремих ділянок технологічного процесу, подальше використання яких забезпечить збільшення терміну роботи обладнання, а відповідно і до підвищення якісних показників рисової крупи.

Для кращого виділення каменеподібних домішок на стадії аспірації зерно рису розділяють на дві фракції по крупності за допомогою сит з діаметром отворів від 3,6 до 4,0мм., а мінеральні домішки відбирають використовуючи камене-відділювальну машину. Великої уваги приділяють очищенню сировини від металевих часток. Металеві домішки, які мають розміри більші за зернину рису і менші від неї можуть спричинити безповоротні дії на технологічне обладнання, а відповідно на його робочі органи.

Для усунення негативної дії металевих часток на технологічне обладнання шляхом їх вилучення пропонується використати енергію ультразвукових хвиль, при застосуванні яких є можливість виявляти феромагнітні домішки при використанні електромагніту, за допомогою якого вони будуть вилучатися з потоку риса. Пропонується вмикання електромагніту в момент виявлення металевих домішок безпосередньо на протязі технологічного процесу, а ввімкнення відбудеться тільки тоді коли на стрічку живлячого транспортера потрапить метало-магнітна частка, а лиш тоді запрацює система для вилучення.



ВК– вимірювальна камера; БКПТВ– блок контролю параметрів температури і вологості;  
 БКІС– блок контролю інформативного сигналу.

Рис. 1. Пристрій виявлення магнітних домішок в потоці рису.

Коливання генератора синусоїдальних електричних сигналів (ГСС) (рис. 1) від 80 до 250 кГц генерують у випромінювальному перетворювачі (ВП), ультразвукові коливання, що проходять через потік рису на стрічковому транспортері попадають на приймальний перетворювач (ПП). Ультразвуковий сигнал проходячи крізь потік рису, що рухається, перетерплює зміну вихідного сигналу який і буде інформативним. У ПП перетворює ультразвуковий сигнал в електричний, після чого демодулюється демодулятором (ДМ), підсилюється підсилювальним пристроєм (П) і поступає на порівнювальний орган (ПО2) де інформативний сигнал порівнюється з заданим сигналом задаючого органу (ЗО2). Якщо в рисовому потоці трапляється феромагнітна частка то ультразвуковий сигнал, який сприймається ПП, змінить свою амплітуду, а отже значно зменшиться і демодульований сигнал який надходить на ПО2, і якщо буде менше заданого то ПО2 на виході видасть сигнал на включення блоку керування (БК), тривалість якого забезпечить вилучення магнітної частки з рисового потоку. Від відстані між вимірювальною камерою й електромагнітом буде залежати тривалість керуючого сигналу. Блок керування вмикає блок вилучення магнітних часток (БВФЧ) і після закінчення керуючого сигналу з ПО2, відключає БВФЧ. Якщо додатково надійде ще одна частка в потоці рису то керуючий сигнал подовжиться.

**Висновки та перспективи.** Застосування запропонованого пристрою, на нашу думку, дозволить підвищити ступінь очистки рису від магніто-чутливих часток та автоматизувати його, підвищити його якісні характеристики, зменшити собівартість за рахунок зменшення затрат на використання електричної енергії спожитої електромагнітом та на заміну зіпсованих робочих органів машин.

Даний пристрій також може бути застосований в автоматизованих системах технологічних процесів переробки сипучих продуктів рослинництва визначених розмірів та близьких за структурою і електроакустичним опором.



УДК 62-533.7

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОВЗАННЯ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ІНДУКЦІЙНИМ МЕТОДОМ

**Вовк О. Ю., к.т.н., доцент****e-mail:** oleksandr.vovk@tsatu.edu.ua*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** На сучасному етапі розвитку промисловості більше 50 % електричної енергії, що виробляється у світі, споживається асинхронними електродвигунами [1, 2]. Таке розповсюдження ці електродвигуни отримали завдяки високій конструкційній надійності та порівняно незначній вартості виготовлення. В той же час, експлуатаційна надійність асинхронних електродвигунів як у промисловості та і у сільському господарстві з ряду причин невисока: щорічно виходять з ладу та ремонтуються близько 30 % зазначених електродвигунів, час напрацювання на відмову становить 0,5...1,5 роки [3, 4]. Це обумовлює необхідність розробки і впровадження методів і засобів дискретного та функціонального діагностування як конструктивних елементів електродвигунів, так і їх режимів роботи.

При створенні пристроїв функціонального діагностування обґрунтовують певну кількість параметрів, які необхідно контролювати, для яких обирають або створюють відповідні первинні вимірювальні перетворювачі. Одним з таких параметрів є ковзання електродвигуна, для вимірювання якого можна застосовувати декілька методів: тахометричний, стробоскопічний та індукційний [5 – 7]. Головними недоліками вказаних методів є складна технічна реалізація, велика дискретність визначення та вплив людського фактору. Проте найбільш раціональним є індукційний метод, суть якого полягає у встановленні на вал електродвигуна нерухомої індуктивної котушки, за допомогою якої фіксується частота обертання магнітного потоку розсіювання ротора, який разом із ним обертається. Сучасна технічна реалізація індукційного методу вимірювання ковзання на сьогодні відсутня. Тому у роботі поставлене завдання розробки структурної схеми пристрою для вимірювання ковзання за допомогою індукційного методу.

**Основні матеріали дослідження.** Для розв'язання поставленої задачі було розроблено схему пристрою (рис.1), який складається з індуктивної котушки 1, встановленої на валу електродвигуна, у коло якої, включено випрямляч (на базі діода) 2 та датчик імпульсів прямої напруги (на базі резистора) 3. Крім того пристрій містить перетворювально-обчислювальний пристрій 4 для виконання певних розрахунків, таймер 5 для відліку часу, та блок живлення 6.

Пристрій працює так: при роботі електродвигуна магнітне поле розсіювання, яке обертається разом із ротором, пронизує котушку 1 і наводить у ній е. р. с., частота якої дорівнює частоті обертання вала. Випрямляч 2 пропускає тільки пряму півхвилю струму, що протікає у колі пристрою. Із датчика 2 знімається імпульс прямої напруги та подається на перетворювально-обчислювальний пристрій 4. У перетворювально-обчислювальному пристрої аналогові сигнали перетворюються у цифрові імпульси, кількість  $k$  яких рахує пристрій. Крім того пристрій рахує час  $t$  цих імпульсів за даними електронного таймеру 6. За цими даними, враховуючи частоту струму мережі  $f_1$ , перетворювально-обчислювальний пристрій визначає ковзання асинхронного електродвигуна за виразом:

$$s = \frac{k}{t \cdot f_1} . \quad (1)$$

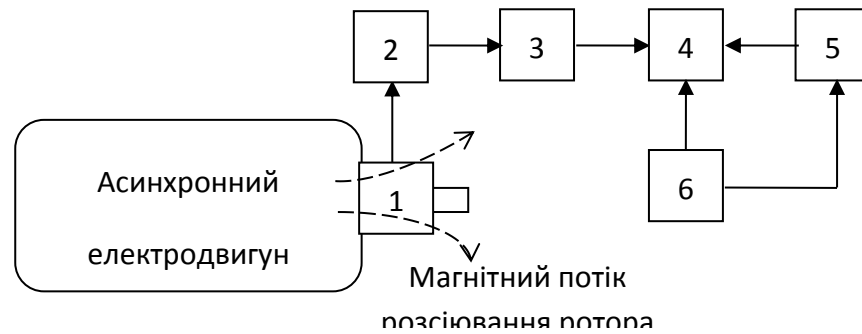


Рис. 1. Структурна схема пристрою для вимірювання ковзання індукційним методом

**Висновок.** У роботі запропоновано структурну схему пристрою для вимірювання ковзання індукційним методом, яку можна застосовувати при створенні пристроїв для функціонального діагностування асинхронних електродвигунів.

#### Список використаних джерел

1. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Вплив зниження напруги живлячої мережі на теплове зношення ізоляції асинхронного електродвигуна. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки.* Харків, 2014. Вип. 153. С. 79-81.

2. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Безменнікова Л. М. Метод періодичного діагностування асинхронних електродвигунів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.* Мелітополь, 2010. Вип. 1, т. 4. С. 39-46.

3. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Вплив відхилення напруги живлячої мережі на втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки.* Харків, 2015. Вип. 164: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 121–123.

4. Вовк О. Ю., Квітка С. О. Технологія періодичного контролю робоздатності асинхронних електродвигунів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.* – Мелітополь, 2011. Вип. 11, т. 3. С. 80–88.

5. Вовк О. Ю., Квітка С. О. Пристрій вимірювання ковзання асинхронного електродвигуна. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.* Мелітополь, 2013. Вип. 13, т. 2. С. 136–140.

6. Овчаров В. В., Вовк О. Ю. Теоретичні передумови комплексного діагностування асинхронних електродвигунів. *Праці Таврійського державної агротехнічної академії.* Мелітополь, 2001. Вип. 1, т. 21. С. 4–6.

7. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій контролю функціонального стану та захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки.* Харків, 2014. Вип. 153. С. 85–87.

## СЕКЦІЯ 4. ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ



УДК 338.34.055.2:621.311.245

### ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК КЛЮЧОВИЙ НАПРЯМ ЕКОНОМІЧНОГО ЗРОСТАННЯ

Сиротюк Г. В., к.е.н., доцент

e-mail: annasyr@ukr.net

Янковська К. С., к.е.н.

e-mail: katiakate@ukr.net

Львівський національний аграрний університет

**Актуальність та постановка проблеми.** Сьогодні відновлювані джерела енергії (ВДЕ) відіграють надзвичайно важливу роль в енергетиці країни. Їх привабливість пов'язана з енергетичною незалежністю, невичерпністю та зменшенням забруднення довкілля. Розвиток та підтримка відновлювальної енергетики є одним із зобов'язань України відповідно до Угоди про Асоціацію з Європейським Союзом і у поєднанні із заходами підвищення енергоефективності утворюють потужніший інструмент декарбонізації як глобальної, так і національної економіки.

**Основні матеріали дослідження.** Покращення ефективного використання енергії дозволить значно зменшити потреби у виробництві додаткових обсягів енергоресурсів, необхідних для зростання ВВП та покращення добробуту населення. Структура необхідних енергетичних ресурсів зазнаватиме суттєвих змін, насамперед завдяки посиленню електрифікації різних галузей економіки України, що вимагатиме значного збільшення частки ВДЕ за відповідного зменшення використання технологій на основі викопних видів палива.

У паливно-енергетичному балансі окремих країн ЄС та світу питома вага відновлюваних енергоносіїв сягає 50 % і більше. В Україні даний показник у 2018 р. становив лише 4,6 %, проте має стабільну динаміку до зростання. Загальне постачання енергії з відновлювальних джерел також зросло у 2018 р. порівняно з 2008 р. в 1,6 рази (рис. 1).



Рис. 1. Динаміка загального постачання енергії та її частка від ВДЕ\*

\*Джерело: побудовано авторами на основі даних Державної служби статистики

У проекті Концепції «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 р. передбачається частку ВДЕ збільшити протягом 30 років до 70 %, але при цьому її вартість повинна бути збалансована та економічно обґрунтована

Основними проблемами у розвитку відновлюваної енергетики в Україні є:

- неврегульованість вітчизняного законодавства з розвитку відновлюваної енергетики;
- відсутність чітких механізмів державної політики в галузі;
- недостатній рівень надходження інвестицій;
- неефективність енергоспоживання, що характеризується високою зношеністю енергетичних потужностей;
- переосмислення пріоритетів державної екологічної політики;
- недостатній рівень екологічної свідомості населення.

Використання ВДЕ має певні особливості, насамперед зумовлені природними умовами:

- залежність від природних умов;
- наявність водних ресурсів малих річок, потрібних для роботи гідроенергетичного обладнання;
- періодичність природних циклів, що спричиняють незбалансованість виробництва енергії;
- наявність біомаси, обсяг якої залежить від урожаю сільськогосподарських культур та інших відходів;
- наявність геотермальних джерел та свердловин, що придатні для виробництва та використання геотермальної енергії;
- наявність теплових викидів, обсяги яких залежать від функціонування підприємств промисловості;
- необхідність узгодження та збалансування періодичності передачі енергії, виробленої з ВДЕ, зокрема передачі електричної енергії в об'єднану енергетичну систему України.

Серед суттєвих переваг ВДЕ виокремимо основні:

- невичерпність на відміну від викопних видів палива;
- використання і видобування енергії з ВДЕ не несе екологічної загрози;
- сприяють підвищенню рівня енергетичної безпеки України;
- зменшують залежність національної економіки від імпорту нафтопродуктів;
- забезпечують сталий розвиток сільських територій тощо.

Для ефективного розвитку відновлюваної енергетики потрібна стратегічна державна політика, в основу якої доцільно покласти інструменти державного регулювання енергетичної галузі. Найважливішими завданнями є розвиток виробництва паливно-енергетичних ресурсів, забезпечення стабільного енергопостачання, підвищення енергоефективності, що сприятиме зміцненню енергетичної та економічної безпеки країни. Досягти цього можна завдяки врегулюванню реструктуризації енергетичних підприємств, цінової та інвестиційної політики, поліпшення управління, розвитку конкурентоспроможних ринків.

**Висновки.** Перехід енергетики до чистих та безпечних відновлюваних джерел сприятиме ефективному розвитку економіки, покращенню екологічних та соціальних проблем, вирішенню проблем змін клімату та підвищенню безпеки і добробуту населення. Формування дієвих інструментів державного регулювання енергетичної галузі дозволить покращити функціонування енергетичного сектору економіки України.

УДК 631.364:621.311.243

## РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ВОДОГРІЙНОЇ УСТАНОВКИ З КОНТРОЛЕРОМ НА БАЗІ АЛГОРИТМІВ FUZZY LOGIC

*Сиротюк В.<sup>1</sup>, к.т.н.*

*Сиротюк С.<sup>1</sup>, к.т.н.*

*Коробка С.<sup>1</sup>, к.т.н.*

*Автоніук М.<sup>2</sup>, dr. inz.*

*Фітьо Ю.<sup>1</sup>, магістрант*

**e-mail:** valsyr@ukr.net

**e-mail:** ssyr@ukr.net

**e-mail:** korobkasv@ukr.net

**e-mail:** michal\_awtoniuk@sggw.edu.pl

**e-mail:** kik249ua@gmail.com

<sup>1</sup>Львівський національний аграрний університет, Дубляни

<sup>2</sup>Варшавський університет наук про життя (SGGW), Польща

### **Актуальність та постановка проблеми.**

Відновлювана енергетика є потужною альтернативою традиційним неекологічним методам виробництва теплової та електричної енергії для потреб як населення, так і промисловості. Енергетична криза, викликана як економічними, екологічними, так і політичними чинниками зумовлює необхідність стрімкого розвитку відновлюваної енергетики, яка покликана забезпечити сталий розвиток енергетичної галузі, покращити рівень надійності енергопостачання об'єктів, знизити залежність від викопних та неекологічних видів палива. Одним із найбільших енергетичних ресурсів є енергія сонячного випромінювання, яка повністю може забезпечити енергетичні потреби людства, однак, внаслідок відносно низької ефективності перетворення сонячної енергії, наприклад, у електричну, на даний час це не може бути реалізоване. Дещо краща ситуація є у технологіях використання сонячної енергії для потреб тепlopостачання, зокрема, гарячого водopостачання. Тут досягнуто значно вищого рівня ефективності перетворення сонячного випромінювання у кінцевий енергетичний продукт – тепло, і який становить від 60 до 80%. Такого типу установки і системи є доцільними та необхідними як для населення, так і для об'єктів промисловості.

Однак експлуатація сонячних систем тепlopостачання має певну недосконалість, яка пов'язана із намаганням застосовувати прості алгоритми керування установкою, зокрема, циркуляційною помпою, дублюючим джерелом тощо. Це призводить до нераціонального використання як сонячної енергії, так і енергії з дублюючих джерел, зазвичай це електрична енергія.

Інтелектуальні системи керування технологічними процесами, побудовані на алгоритмах нечіткої логіки є популярними серед розробників систем керування. Їх застосування дозволяє більш якісно та ефективно керувати процесами та уникати непродуктивних втрат. З іншого боку при розробці таких систем керування необхідною є експериментальна перевірка відповідності алгоритмів, які закладені в контролер реальним умовам роботи. В такому випадку слід використовувати експериментальні, в тому числі й повнорозмірні, стенди, які б дали можливість реалізувати перевірку застосованих технологій керування на ефективність.

### **Основні матеріали дослідження.**

Зазвичай контролери сонячних теплових систем здійснюють керування режимом роботи циркуляційної помпи на підставі інформації про температури колектора та бака-акумулятора. Роботою ТЕНа керує окремий терморегулятор, що призводить до перевитрати електроенергії та недовикористання потенціалу сонячної енергії внаслідок включення ТЕНа в період високої імовірності надходження сонячної радіації в наступний період часу. Така ситуація спостерігається в нічний та ранковий періоди доби за високої імовірності сонячної погоди.

Введення додаткового інструменту – прогнозування погоди, який базується на використанні Fuzzy Logic контролера дозволяє ввести інтелектуальну складову у процес керування режимами роботи сонячної вологрійної установки. Таким чином, особливістю розроблюваного контролера є адаптація роботи гібридної системи з врахуванням імовірності

надходження сонячної енергії на початку світлового дня за сонячної погоди. Тобто, режим роботи ТЕНа оцінюється рівнем освітленості та іншими чинниками. Наприклад, за достатнього рівня освітленості протягом попереднього дня є високий рівень імовірності наявності такої ж погоди наступного дня і, відповідно, немає необхідності нагрівати бак-акумулятор ТЕНОм до номінальної температури, залишивши резерв для сприйняття сонячної енергії. У випадку відсутності освітленості внаслідок погіршення погоди наступного дня, ТЕН буде підтримувати рівень нагріву води в баку-акумуляторі на мінімально допустимому рівні.

Перевірка робоздатності запропонованої структури та алгоритміки сонячного контролера вимагає проведення експерименту, який би підтвердив ефективність використання відновлюваних джерел енергії з мінімізацією використання електричної енергії, як дублюючого джерела теплоти.

Для цього необхідно розробити експериментальну установку, дослідна експлуатація якої дозволить в реальних умовах оцінити рівень відповідності теоретичних та комп'ютерних моделей поведінки сонячної установки гарячого водопостачання, обладнаної інтелектуальним контролером на базі алгоритмів Fuzzy Logic.

Основною експериментальної установки є повнорозмірна установка гарячого водопостачання на базі двох плоских сонячних колекторів фірми "Сінтек" SINTSOLAR CS, які працюють на тепловий акумулятор ємністю 200 л. Для виконання аналізу режимів роботи сонячної установки розроблено комплект вимірювальних засобів, які формують базу даних про метеорологічну ситуацію під час роботи сонячної установки. Крім того, в структуру експериментальної установки введено наступні додаткові компоненти: вимірювач потоку теплоносія, як в контурі колектор-бак-акумулятор, так і в контурі бак-акумулятор-споживач; давачі температури у вказаних контурах; пристрій вимірювання параметрів електроенергії, яка подається на живлення циркуляційної помпи та на роботу ТЕНа. Збір даних про режими роботи сонячної установки із стандартним та розроблюваним контролером здійснюється з використанням персонального комп'ютера та системою вводу-виводу, реалізованою на базі мікроконтролера Arduino Mega 2560.

**Висновки.** Відповідно до програми експериментальних досліджень ефективності застосування інтелектуального контролера сонячної теплової установки на базі інструментарію Fuzzy Logic розроблено структур та програмно-апаратні засоби експериментального стенда, дослідна експлуатація якого дозволить оцінити відповідність запропонованих схемних та структурних рішень сонячного контролера умовам енергоефективної експлуатації.

УДК 621.311.25

**ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ****Іконніков В. Л., аспірант****e-mail: valeriyik1977@gmail.co****Назаренко І. П., д.т.н., професор****e-mail: igornazarenko01@gmail.com***Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** Сучасна стратегія розвитку народного господарства передових країн світу стає зменшення споживання палива, теплової та електричної енергії за рахунок їх найбільш повного і раціонального використання у всіх сферах діяльності людини, а саме енергозбереження. В агропромисловому комплексі теплову енергію витрачають на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання виробничих суспільних і житлових будинків, створення штучного мікроклімату у тваринницьких приміщеннях, спорудженнях захищеного ґрунту, сховищах, технологічних процесах сільськогосподарського виробництва та переробці продукції. Через ріст енергетичних потужностей та цін на енергоносії, що ведуть до збільшення собівартості продукції, усе більш гостро ставиться питання про економію енергоресурсів, пошук надійних нетрадиційних, постійно поновлюваних джерел енергії, створення енергозберігальних екологічно чистих технологій.

**Основні матеріали дослідження.** Для України теплопостачання є одним із стратегічних напрямків розвитку сектору відновлюваних джерел енергії, враховуючи високу залежність країни від імпортованих енергоносіїв, в першу чергу, природного газу та вугілля і, доступних для виробництва енергії. При цьому основним фактором є характерна риса теплових споживачів у сільському господарстві та їх велика різноспрямованість і виражена специфіка. Визначити для півдня України пріоритетні, найбільш екологічно безпечні джерела енергії теплопостачання, що забезпечить раціональне використання природних ресурсів та відповідно зменшить техногенне навантаження на довкілля.

Енергія сонця. Середньорічна кількість енергії сонячного випромінювання в Україні складає від 1070 кВт год/м<sup>2</sup> у північних регіонах до 1400 кВт год/м<sup>2</sup> - у південних, і ще більше – на півострові Крим. Сонячне фотоелектричне обладнання можна ефективно експлуатувати впродовж року з піковою ефективністю з квітня до жовтня у південних областях та з травня до вересня - у північних областях. За результатами досліджень сонячна енергетика має обґрунтований потенціал на рівні 4 ГВт. Трансформація сонячної енергії у електроенергію в Україні має відбуватися здебільшого за допомогою сонячних фотоелектричних установок.

Вітроенергетика — галузь альтернативної енергетики, яка спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії вітру в електричну енергію. Щоб найкраще використати вітряну енергію, важливо досконало розуміти добові та сезонні зміни вітру, зміну швидкості вітру в залежності від висоти над поверхнею землі, кількість поривів вітру за короткі відрізки часу, а також статистичні дані хоча б за останні 20 років.

Загальний вітровий потенціал України – 16-24 ГВт (ДТЕК, без дати, Всесвітня асоціація вітроенергетики). 16 Гвт вважають економічно обґрунтованим потенціалом. Найбільш перспективні регіони – південний та південно-західний, де середня річна швидкість вітру на висоті 80 метрів перевищує 7,5 м/сек.

Для України біоенергетика є одним із стратегічних напрямків розвитку сектору відновлюваних джерел енергії, враховуючи високу залежність країни від імпортованих енергоносіїв, в першу чергу, природного газу, і великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. На жаль, темпи розвитку біоенергетики в Україні досі істотно відстають від європейських. На сьогоднішній день частка біомаси у валовому кінцевому енергоспоживанні становить 1,78%.

**Висновки.** Таким чином, кількість енергії, яку можна отримати з відновлюваних джерел енергії по всьому світу в кілька разів більше, ніж кількість енергії, що споживається. Тому їх потрібно в майбутньому розглядати як основне джерело енергії.

В умовах індивідуальної енергетики відбувається більший енергоощадний ефект, що сприятиме стабілізації дешевого енергоспоживання та гармонійно поєднуватиметься з навколишнім середовищем, зменшуючи вплив на нього. Для електротехнічного комплексу теплопостачання що забезпечить раціональне використання природних ресурсів та відповідно зменшить техногенне навантаження на довкілля. Основними векторами енергоефективної політики повинні стати оптимальні інструменти стимулювання енергозбереження й енергоефективності, зміна структури використання ресурсів з акцентом на відновлювальні й невичерпні ресурси та пошук потрібних механізмів фінансування енергозберігальних заходів.



УДК 621.311.243

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

Лакосіна А. О., студентка  
Квітка С. О., к.т.н., доцент

e-mail: lakosina4949@gmail.com  
e-mail: sergei.kvitka1965@gmail.com

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

**Актуальність та постановка проблеми.** Сонячна енергетика - це перспективний напрям, який вибирають багато країн світу. Сонячна енергетика - одне із найперспективніших і динамічних відновлюваних джерел енергії. Щороку приріст потужностей, які вводяться в експлуатацію, становить приблизно 40-50 %. Усього за останні п'ятнадцять років частка сонячної енергетики в світовій перевищила позначку в 5 % [1]. Зараз на ринку можна зустріти сонячні панелі виробництва Китаю, США і країн Європи. З'являються нові види сонячних панелей, підвищується їх ККД, покращуються інші характеристики [2].

**Основні матеріали дослідження.** Однією з основних характеристик сонячної панелі, орієнтуючись на яку роблять їх вибір, є її ефективність [3].

Сонячні панелі складаються з численних кремнієвих пластин (36, 60, 72, 96 і ін.). Від розміру та технології з'єднання цих пластин залежить їх ефективність: монокристалічні батареї, розділені на 60 клітин, мають ККД до 19 %; панелі, які розділені на шингли - прямі горизонтальні лінії, мають ККД 17-19 %; 120- клітинна панель, в якій розмір клітини зменшено вдвічі, дозволяє підвищити ККД до 20 %; новітні батареї з ІВС-структурою на 60-96 клітин мають ККД до 22 %, що поки є рекордом.

Проведемо порівняльний аналіз монокристалічних, полікристалічних та аморфних сонячних панелей за їх основними характеристиками.

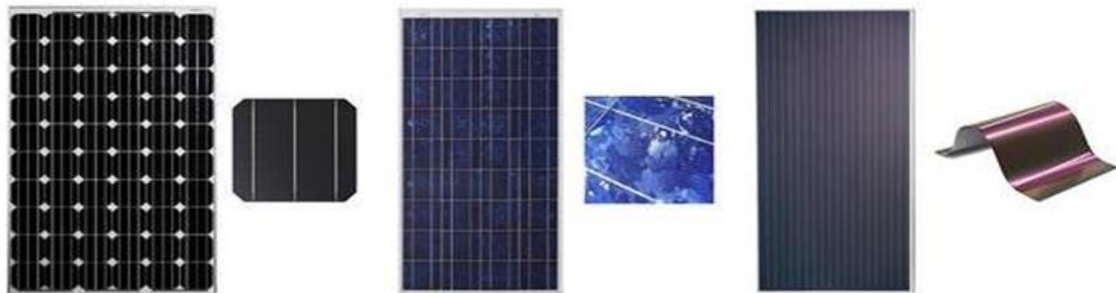


Рис. 1. Види сонячних панелей

Монокристалічні кремнієві панелі (mono-Si) мають рівномірний темно-синій колір по всій поверхні. Для їх виробництва використовується найбільш чистий кремній. Монокристалічні фотоелементи серед усіх кремнієвих пластин мають найвищу ціну, але забезпечують і найкращий ККД. До переваг монокристалічних кремнієвих батарей відносять: високий ККД зі значенням 17-25 %; компактність - менша площа розміщення обладнання; довговічність - ефективність генерації електроенергії до 25 років. Недоліки таких батарей: висока вартість і тривала окупність та чутливість до забруднення. Пил розсіює світло, тому у покритих нею сонячних панелях різко знижується ККД. Через потребу в прямих сонячних променях монокристалічні сонячні панелі встановлюються на відкритих майданчиках або на висоті [2 - 4].

Полікристалічні кремнієві панелі (multi-Si) мають нерівномірний за інтенсивністю синій колір через різнобічну орієнтованість кристалів. Чистота кремнію, використовуваного при їх виробництві, трохи нижче, ніж у монокристалічних аналогів. До переваг цих сонячних батарей відносять: високу ефективність в умовах розсіяного світла; можливість стаціонарного монтажу

на дахах будівель; меншу вартість у порівнянні з монокристалічними панелями; тривалість експлуатації - падіння ефективності через 20 років експлуатації становить всього 15-20 %. Недоліки полікристалічних панелей: знижений ККД зі значенням 12-18 %; відносна громіздкість - потребують більше простору для установки в порівнянні з монокристалічними аналогами [2 - 4].

Сонячні панелі з аморфного кремнію. Механізм виробництва сонячних панелей з аморфного кремнію принципово відрізняється від виготовлення кристалічних фотоелектричних елементів. Тут використовується не чистий неметал, а його гідрид, гарячі пари якого осідають на підкладку. В результаті такої технології класичні кристали не утворюються, а витрати на виробництво різко знижуються. Переваги аморфних сонячних панелей: універсальність - можливість виготовлення гнучких і тонких панелей, монтаж батарей на будь-які архітектурні форми; порівняно високий ККД при розсіяному світлі; стабільна робота при високих температурах; простота і надійність конструкції. Такі панелі практично не ламаються; До недоліків панелей з аморфного кремнію можна віднести лише потребу у великих площах для розміщення обладнання необхідної потужності [2 - 4].

Бувають також поєднання моно- і полікристалічних панелей з аморфними. Таке поєднання дозволяє з'єднати переваги двох різних типів. Наприклад, батареї краще працюють, коли сонця недостатньо для звичайних кристалічних батарей.

**Висновки.** Монокристалічні сонячні панелі є більш ефективними і віддача від них більша. Проте полікристалічні користуються більшою популярністю. Це пов'язано з тим, що загальна вартість проекту і термін окупності при їх застосуванні є нижчими, ніж при застосуванні монокристалічних сонячних панелей. Аморфні сонячні панелі невибагливі - їх можна встановити куди завгодно - пил і похмура погода їм не страшні. Однак у порівнянні з вищеописаними видами, у них найнижчий ККД, вони швидко псуються - ефективність знижується на 40 % менше ніж за 10 років, і вимагають багато місця для установки.

#### **Список використаних джерел**

1. Сонячна енергетика в Україні. URL: <https://avenston.com/articles/solar/> (дата звернення: 10.05.2020).
2. Виды солнечных батарей: сравнительный обзор конструкций и советы по выбору панелей. URL: <https://sovet-ingenera.com/eco-energy/sun/vidy-solnechnyx-batarej.html#i-10> (дата звернення: 10.05.2020).
3. Самые эффективные солнечные панели. URL: <https://altshop.in.ua/blog/samye-effektivnye-solnechnye-paneli---obzor-2020-goda> (дата звернення: 10.05.2020).
4. Сравнение моно, поли и аморфных солнечных батарей. URL: [http://b-eco.ru/articles/mono\\_poly\\_amorphous/](http://b-eco.ru/articles/mono_poly_amorphous/) (дата звернення: 10.05.2020).

УДК 621.354

## АКУМУЛЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМАХ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ

**Іконніков В. Л., аспірант****e-mail:** valeriyik1977@gmail.com**Назаренко І. П., д.т.н., професор****e-mail:** igornazarenko01@gmail.com*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м.**Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** Сучасна стратегія розвитку теплопостачання передових країн світу - це зменшення споживання палива, теплової та електричної енергії за рахунок їх найбільш повного і раціонального використання, пошук надійних нетрадиційних, постійно поновлюваних джерел енергії, створення енергозберігальних екологічно чистих технологій. Агропромисловий комплекс потребує стабільності теплової енергії в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва та переробці продукції. Через ріст енергетичних потужностей та цін на енергоносії, що ведуть до збільшення собівартості продукції, усе більш гостро ставиться питання про використання поновлюваних джерел енергії, створення енергозберігаючих, акумулюючих, екологічно чистих технологій.

**Основні матеріали дослідження.** Акумуляування енергії — не нова концепція в енергетиці. Однак у міру того, як джерела палива стають все менш доступними і все більш дорогими, з'являється необхідність у розвитку методів акумулювання, і в якості одного з них — виробництво поновлювального палива.

У системах з поновлюваними джерелами енергії можуть виникати невідповідності — як у часі, так і у просторі — між подачею енергії і споживанням. Подолання цих невідповідностей є основною метою досліджень електротехнічних комплексів теплопостачання з акумулювання енергії.

Аналіз акумулюючих засобів і перетворювачів енергії показав, що найефективніше для півдня України акумулювати енергію Сонця, вітру за допомогою електрохімічних і теплових акумуляторів, а також акумуляторів на основі водню.

Електричні акумулятори – пристрої, що дозволяють накопичувати і зберігати електричну енергію у вигляді постійного струму для витрачання її за графіком споживання. Елемент електричного акумулятора складається з посудини, наповненої розведеною кислотою (сірчаною), і занурених в неї електродів (свинцевих пластинок). Хімічні акумуляторні батареї можуть зберігати велику кількість енергії, але для цього потрібно кілька годин зарядки. Конденсатори, з іншого боку, заряджаються майже миттєво, але можуть зберігати невелику кількість енергії. Електричні акумулятори мають високу ціну за рахунок використання відносно дорогих хімічних сполук, містять шкідливі хімічні речовини і токсичні метали, також мають невеликий термін використання. Отже, електричні акумулятори в теплопостачанні використовувати економічно недоцільно.

Тепловий акумулятор - пристрій для акумулювання теплової енергії, заснований на використанні фізичного або хімічного процесу, пов'язаного з поглинанням і виділенням теплоти. Теплові акумулятори мають великі розміри, енергоємні, застосування їх неефективне.

Великий інтерес для практичного використання представляє водневий спосіб акумулювання. Так як водень можна запасати в балонах, то представляється можливість акумулювати енергію у вигляді пального водню, який за необхідністю, витрачається на роботу теплового двигуна. Акумуляування енергії на основі водню має великі перспективи.

Необхідно відзначити що з енергетичної точки зору, водень - це альтернатива нафті та природному газу, при цьому:

- запаси водню в складі води практично невичерпні;
- теплота згорання водню в кілька разів вища, ніж у природних газів;

- водень, як паливо може бути використаний для отримання теплової та електричної енергії, а також у двигунах різного виду;
- водень – екологічно чисте паливо.

**Висновки.** Таким чином завдяки застосуванню акумуляторів енергії забезпечується не лише стабільне і неперервне енергопостачання, а й зростає коефіцієнт використання ПДЕ завдяки нагромадженню надлишкової і низько потенціальної енергії, яка безпосередньо не може використовуватися споживачами. При цьому згладжуються коливання в електромережі, з'являється можливість перетворювати один вид енергії в інший, залежно від потреб споживача.

В умовах індивідуальної енергетики від поновлюваних джерел енергії із створенням акумуляуючих, екологічно чистих технологій, відбувається більш енергоощадний ефект, що сприятиме стабілізації дешевого енергоспоживання, зменшуючи вплив на довкілля. Основними векторами енергоефективної політики в тепlopостачанні повинні стати створення електротехнічних комплексів з оптимальними інструментами стимулювання енергозбереження й енергоефективності та пошук потрібних механізмів фінансування енергозберігаючих заходів.

Тому електротехнічні комплекси тепlopостачання потрібно в майбутньому розглядати як основне джерело енергії тепла.

УДК 621.311.243

**ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**

**Тимофєєв С. О., магістр**  
**Абраменко В. В., магістр**  
**Постнікова М. В., к.т.н.**

**e-mail:** sergejtimofeev82@gmail.com  
**e-mail:** vladimirabramenko1998@gmail.com  
**e-mail:** marina.postnikova@tsatu.edu.ua

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

**Постановка проблеми.** Енергетична безпека на сьогодні є однією зі складових національної безпеки України. Оскільки країна не має достатніх запасів невідновлювальних енергоносіїв, увагу варто зосередити на застосуванні відновлювальних джерел. Серед них особливе місце посідає використання сонячної енергетики.

**Основні матеріали дослідження.** Сонячна енергетика світу зростає експотенційними темпами. Україна має значний потенціал для того щоб наздогнати Німеччину, яка зараз лідирує за сумарною потужністю сонячних установок, адже альтернативні джерела енергетики мають поширення не лише у світі, але і серед українців. Експерти запевняють, що в Україні достатньо сприятливі умови для використання сонячної енергії. Річний технічно досяжний енергетичний потенціал сонячної енергії в Україні еквівалентний 6 млн. т у.п., його використання дозволило б замінити біля 5 млрд. м<sup>3</sup> природного газу [2].

Серед переваг використання сонячної енергії можна відмітити інтереси двох сторін: держави загалом та конкретного споживача електроенергії. Для держави переваги є очевидними: зменшення використання невідновлювальних енергоносіїв, зменшення витрат на їх закупівлю, підвищення ступеня енергонезалежності тощо.

Для конкретного споживача переваги не є настільки очевидними. Серед факторів, що уповільнюють запровадження використання сонячної енергетики виділяються: тривалий термін окупності встановленого обладнання для виробництва сонячної енергії та велика собівартість отриманої в такий спосіб електроенергії.

Втім, друге застереження нівелюється державною політикою в цьому напрямку та встановленим «зеленим тарифом», який діятиме в Україні принаймні до 2030 року. Відносно першого застереження, то багато українців вже починають розуміти, що варто одного разу інвестувати кошти, щоб мати власну енергетичну незалежність надовго.

Таким чином, задля подальшого запровадження енергобезпеки країни перевагу слід віддавати саме застосуванню відновлювальних джерел, чільне місце серед яких посідає використання енергії сонця [3].

Україна має не найкращі природні умови для впровадження сонячної енергетики порівняно з південними країнами (Іспанія, Індія, Греція, Бразилія тощо). Проте тривалість світлового дня дозволяє ефективно експлуатувати сонячні модулі на протязі 5-7 місяців на рік. Це є цілком достатнім для перспективного її запровадження.

На сьогоднішній день на ринку пропонується досить великий вибір сонячних електростанцій (СЕС), які можна встановити для виробництва сонячної енергії. Тож вибір конкретних моделей сонячних станцій та сонячних батарей є на сьогоднішній день досить широким [3].

Останні три роки були дуже результативними і показали стрімку динаміку росту кількості сонячних електростанцій. За ці роки кількість сонячних станцій, що встановлені приватними домогосподарствами, зросла - понад 3 тисячі СЕС. А власниками приватних домогосподарств інвестовано в приватні сонячні електростанції понад 60 млн. євро.

Загальна потужність промислових сонячних станцій, яка вимірюється від сотень кіловат до десятків мегават, зросла з 2015 року по перший квартал 2018 року більше ніж 560 МВт, а інвестиції в економіку України приватного капіталу склали біля 550 мільйонів євро. Це важливо

ще й з огляду створення нових робочих місць, окрім того, до місцевих бюджетів надходять податки [2].

Однак, на практиці існують численні бар'єри зростання ринку використання сонячної енергії. В першу чергу, економічні: дуже високі ціна на сонячні системи і період окупності; відсутність обігових коштів у підприємств-виробників; відсутність конкретних механізмів стимулювання виробництва у вигляді надання субсидій, звільнення від податків, чіткої пільгової тарифної політики тощо.

Розвиток сонячних технологій стримує: відсутність чіткої державної політики; відсутність координації у сфері розвитку сонячних технологій; на даний час не існує інформаційної системи для поширення відомостей про наявність сонячних технологій, їх параметрів, екологічних переваг, а також інформації про впровадження демонстраційних проектів [1].

Отже, можна виділити основні прогнози розвитку сонячної енергетики [2]:

1. Галузь буде нарощувати темпи будівництва промислових та приватних станцій, особливо в 2018 – 2019 роках.

2. Протягом 2020 – 2023 років очікуються, що буде напрацьована необхідна законодавча база і запрацює система аукціонів.

3. Разом із реформами енергетичного сектору та ринку електроенергії України можуть виникнути певні вимоги до СЕС, наприклад, будівництво станцій з системою накопичення електроенергії та участь станцій в балансуванні електричної системи. Вимоги до станцій зростуть.

4. Привабливість та доступність СЕС для приватних домогосподарств зросте завдяки зниженню вартості панелей та складових через розвиток технологій з одного боку, та росту вартості електроенергії від електропостачальних організацій з іншого.

**Висновки.** Стрімкий розвиток сонячної енергетики з використанням інноваційних світових технологій є головним трендом. Сонячна енергія на відміну від інших джерел ніколи не застаріє, не контролюватиметься іноземними державами і не закінчиться, що робить її вічно актуальною.

#### **Список використаних джерел**

1. Маляренко В. А. Стан, проблеми та перспективи розвитку сонячної енергетики України. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/32016/1/7.pdf> (дата звернення: 20.05.2020).

2. Українська енергетика. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/yakumu-ie-perspektyvy-rozvytku-soniachnoi-enerhii-v-ukraini> (дата звернення: 20.05.2020).

3. Розвиток сонячної енергетики в Україні: перспективи та переваги. URL: <http://www.mukachevo.net/ua/news/view/481213> (дата звернення: 20.05.2020).

УДК 621.311.243

**ЗБІЛЬШЕННЯ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИСТРОЇВ****Стьопін Ю. О., к.т.н., доцент****e-mail:stepin2605@gmail.com***Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** В Україні промислове виробництво фотомодулів та сонячних електростанцій збільшилось за останні три роки у чотири рази. Українськими підприємствами здійснюється технічна допомога у реалізації проектів розвитку сонячної енергетики багатьох країн світу. Близько 50% світового ринку фотоелементів монтується у пристроях, які не з'єднані з електричною мережею.

**Основні матеріали дослідження.** В останні роки в усьому світі спостерігається прискорений розвиток у галузі використання прямого перетворення сонячної енергії в електричну за допомогою фотоперетворювачів. ККД фотоперетворювачів на монокристалах кремнію в масовому виробництві складає 14 – 18 %. Спроби вчених підвищити ККД фотоперетворювачів в основному полягають у тому, щоб максимально використати потік сонячної енергії, що припадає на поверхню фотоелектричної панелі.

Нами запропоновано метод збільшення ККД фотоелектричної панелі, який полягає у встановленні відбиваючої поверхні (наприклад, алюмінієва фольга, оцинкована сталь, дзеркало та ін.), яка встановлюється від певним кутом до фотоелектричної панелі. Кут встановлення відбиваючої поверхні визначається дослідним шляхом. За допомогою вимірювальних пристроїв (вольтметра та амперметра) визначається кут, при якому максимальна кількість сонячної енергії відбивається від додаткової поверхні прийому сонячних променів та потрапляє на фотоелектричну панель. Експерименти проводились з фотоелектричною панеллю номінальною потужністю 10 Вт під час відсутності хмар у середині квітня місяця. Рівень освітленості фотопанелі складав 3600 Лк. Досліди показали, що за рахунок збільшення загальної поверхні фотоелектричного пристрою потужність установки може збільшуватися на 50%. Схема такого пристрою реалізована у заявці щодо отримання патенту на корисну модель фотоелектричного пристрою, який передбачає встановлення відбиваючих сонячні промені поверхонь, а також системи відводу тепла з поверхні фотоелектричної панелі.

Таблиця 1 - Результати експерименту

Площа відбиваючої поверхні, см <sup>2</sup> /в.о. до S <sub>феп</sub>	Збільшення потужності ФЕП, %
200 / 33	12
300 / 50	25
400 / 66	32
500 / 80	41
600 / 100	50

**Висновки.** Такий пристрій дозволяє не тільки збільшувати потужність та ККД фотоелектричної панелі, а і отримати низькопотенційне джерело теплової енергії, яке необхідно мати для усунення небажаного перегріву фотоелектричної панелі.

УДК 621.311.1.004.15

**ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ БАЛАНСОВОЇ НАДІЙНОСТІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ДЛЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ З КОМБІНОВАНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ НА БАЗІ  
ВДЕ****Лисенко О. В., к.т.н., доцент****e-mail:** ea@tsatu.edu.ua**Адамова С. В., асистент**Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м.  
Мелітополь, Україна

**Актуальність та постановка проблеми.** Оцінка якості роботи електротехнічних систем з комбінованою генерацією різного рівня локальності, їх енергетична ефективність та оптимальність побудови висуває потребу у критеріях, що характеризують вимогам, які висуваються [1]. При проведенні оцінки за економічними показниками енергосистем з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ) необхідно мати на увазі раціональне використання енергії, що виробляється. Індекси енергоефективності енергетичної системи стосуються режимів, як браку потужності генерації, так і надлишкової генерації. Режим повного балансу або нульового небалансу має нульову імовірність, але при застосуванні акумулюючих та допоміжних маневрових потужностей може мати цілком протягну тривалість, що забезпечує відхилення небалансу в заданих межах.

**Основні матеріали дослідження.** Традиційний підхід до оцінки правильності конфігурації потужностей полягає у забезпеченні балансової надійності або адекватності системи генерації, тобто її здатності забезпечувати покриття попиту в електричній потужності та енергії заданої якості при планових та очікуваних (вірогідних) режимах споживання.

Основними показниками, що характеризують адекватність генерування стосовно рівня споживання вважаються такі індекси, як частота втрати навантаження *LOLF* (loss of load frequency), імовірність втрати навантаження *LOLP* (loss of load probability), очікувана втрата навантаження *LOLE* (loss of load expectation), тривалість втрати навантаження *LOLD* (loss of load duration), а також індекс очікуваної недоданої енергії *EENS* (expected energy not served) [2]. Обсяг нестачі енергії через недостатню генерацію характеризується такими індексами, як імовірність втрати енергії *LOEP* (loss of energy probability) та очікувана втрата енергії *LOEE* (loss of energy expectation).

Є різні методики визначення такого роду індексів. В цілому вони визначаються:

$$LOLE = \sum_{i \in S} p_i T_i, \quad (1)$$

де  $S$  – множина всіх станів системи, що асоціюються з втратою навантаження,

$p_i$  – імовірність перебування системи в  $i$ -му стані;

$T_i$  – тривалість стану (дискретність по часу).

*LOLE* – це середня кількість днів чи годин за певний період (як правило за рік), коли пікові навантаження перевищують досяжну потужність генерації. Цей показник не відображає ні частоти, ні обсягу появи дефіциту потужності, але він широко вживається.

Схожий показник – це імовірність втрати навантаження *LOLP* (loss of load probability). Це прогнозована кількість часу в довгостроковій перспективі, коли очікуване навантаження буде більшим, ніж потужність наявних генеруючих потужностей. Одне з формулювань цього індексу [73]:

При цьому існує залежність  $LOLE = LOLP \cdot T$ ,  $T = \sum_i T_i$ .

$LOLD = LOLE / LOLP$  – середня очікувана тривалість втрати навантаження.

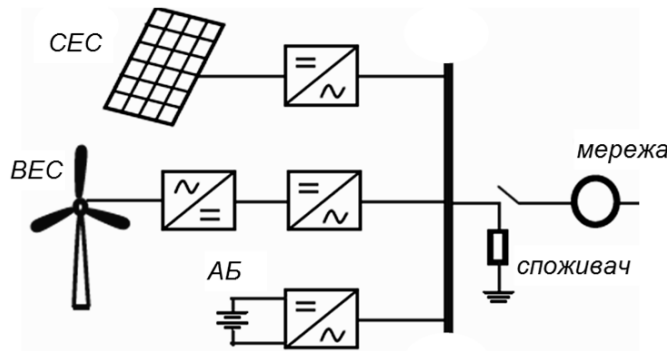
*LOLF* вимірюється в кількості випадків на рік.

Індекси *LOLP* або *LOLE* не показують сумарний дефіцит потужності, при відключенні споживачів.



Широко застосовується показник втрати навантаження – індекс очікуваної відсутності енергії *EENS* (expected energy not served) або *EUE* чи *EEU* (expected unserved energy).

Популярним для оцінки електротехнічних систем з комбінованою генерацією (рис. 1) є індекс імовірної втрати живлення *LPSP* (loss of power supply probability) – це показник, що відображає імовірність втрати можливості до забезпечення енергією потреб споживача, аналогічно до *LOLP*. Інша назва – дефіцит потужності (*DPS* - deficiency power supply). Оскільки умова забезпечення потужності може виконуватися не в кожен момент часу  $t$ , показники (індекси) надійності визначаються як імовірні величини.



**Рис. 1.** Електротехнічна система з комбінованою генерацією з акумулюванням енергії

Також необхідним виявляється індекс *LPSP*, який може бути визначений як відношення всієї нестачі енергії до загальної потреби на часовому інтервалі  $T$ .

Відхилення генерованої потужності від потреб споживання може призвести до коливань напруги. Показником якості профілю напруг (voltage quality) може слугувати величина відносного відхилення поточної напруги від нормальної  $VQ(T)$ .

**Висновки.** Величина показника балансової надійності обирається на базі визначення необхідного рівня надійності, що покриває потребу споживачів в електроенергії, при якому додаткові витрати на його підвищення для об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) стають більшими, ніж компенсація вірогідного рівня збитків споживачів. Вибір індексів залежить від поставленої мети під час проектування чи організації роботи енергосистеми, а тому носить ситуативний характер з використанням належних експертних оцінок.

#### Список використаних джерел

1. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. [Дата введения 1989-15-11]. Москва: Издательство стандартов, 1990. 37 с.
2. Кузнецов М. П., Лисенко О. В., Мельник О. А. Особливості стохастичної оптимізації гібридних енергосистем на базі ВДЕ. *Відновлювана енергетика*. 2018. № 2 (53). С. 6-16.

УДК 620.92

**ПАЛИВНІ ЕЛЕМЕНТИ ЯК ДЖЕРЕЛО АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ****Носань С. В., студент****e-mail:** serhii.nosan@gmail.com**Вовк О. Ю., к.т.н.****e-mail:** oleksandr.vovk@tsatu.edu.ua*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** Проблема енергетичної безпеки як в Україні, так і світі стає дедалі гострішою. Дефіцит енергії, обмеженість паливних ресурсів, глобальні зміни клімату внаслідок забруднення навколишнього середовища вимагають підвищення енергоефективності світової економіки, що проявляється, насамперед, у вигляді ініціативи по енергозбереженню і збільшенні частки відновлювальних джерел у глобальному виробництві енергії. Одним з перспективних напрямків вирішення цієї проблеми є розробка і впровадження паливних елементів [1, 2].

**Основні матеріали дослідження.** Паливні елементи (ПЕ) відносяться до хімічних джерел струму, які здійснюють пряме перетворення енергії пального в електричну енергію, минаючи малоефективні процеси горіння, що йдуть з великими втратами [3].

Існують різні класифікації ПЕ: за вихідними речовинами електродних реакцій, за видом перетворення вуглеводневого пального, за значенням робочої температури, за складом електроліту, типом пального і окиснювача. Найбільш розповсюдженою є класифікація ПЕ за складом електроліту, оскільки вона визначає робочу температуру, іонний характер електродних реакцій, вид перетворення пального [2, 3]. За типом окиснювача ПЕ умовно поділяють на кисневі та повітряні (в останньому випадку в якості окиснювача використовують кисень повітря). За типом пального виділяють водневі, метанольні і ПЕ на природному газі. За температурою експлуатації їх умовно поділяють на низькотемпературні (до 100-150°C), середньотемпературні (близько 200-400°C) і високотемпературні (більше 500°C). Виходячи з аналізу ПЕ, найбільшого поширення набули наступні типи [2, 4]:

1. PEMFC – ПЕ з полімерною мембраною, в якості електроліту в яких використовується полімерна мембрана товщиною приблизно в 2-7 аркушів звичайного паперу, відновлювачем виступає водень.

2. DirectMethanolFuelCell – ПЕ з прямим окисненням метанолу, в яких використовується той же електроліт, що і в найбільш поширених PEMFC, але в якості пального використовується метанол. Переваги – можливість використання метанолу в рідкому вигляді, немає необхідності в застосуванні зовнішнього конвертора для отримання чистого водню і здійснення процесу «риформінгу». Недоліками є значна температура функціонування (120 °C) і необхідність використання дорогих каталізаторів на основі платини для ефективного хімічного перетворення.

3. AlkalineFuelCell – лужні ПЕ, у якості електроліту в яких використовується концентрований гідроксид калію або його водний розчин, а основним матеріалом для виготовлення електродів є нікель. Перевагами таких ПЕ є низька собівартість їх виробництва, можливість використання більш дешевих нікелевих і срібних каталізаторів, а також абсолютна екологічна чистота гарячої води (питна), одержуваної в якості відходів. До недоліків відносяться значні габарити, застосування у пальному або окиснику домішок вуглекислого газу, що призводить до карбонізації лугу.

4. PhosphoricAcidFuelCell – ПЕ, у яких в якості електроліту використовується рідка фосфорна кислота. Працюють на водні, який у більшості випадків отримують з природного газу або біогазу. Окислювально-відновний процес протікає при температурах 150-220 °C. Ефективність процесу вироблення електроенергії оцінюється в 37-42% і 85% при використанні теплової енергії, що виникає при його роботі.

5. SolidOxideFuelCell – ПЕ з твердим керамічним електролітом. Відміна від вище розглянутих видів полягає у високих температурах реакції (650-1000 °C) і різноманітності

пального: природний газ, водень, пропан, біогаз. ККД електрохімічного перетворення – 50%, з урахуванням теплової енергії – до 80%.

6. MoltenCarbonateFuelCell – ПЕ на основі розплавленого карбонату. Функціонують при температурах близько 600-700°C, що дозволяє використовувати пальне безпосередньо в самій комірці. Потребують значного часу запуску і не дозволяють оперативно регулювати вихідну потужність. Відрізняються високою ефективністю перетворення палива (тільки електричний ККД до 60%). Недоліки MCFC полягають в тому, що вони не можуть працювати на чистому водні, а високі температури і хімічні реакції можуть призвести до корозії і прискорити процес зносу елементів конструкції.

7. MetalAirFuelCells – ПЕ на твердому пальному, в якості електроліту в яких використовується гідроксид калію, а паливом можуть служити різні метали: алюміній, магній, кальцій, цинк, залізо. Передбачувані сфери застосування технології – малі стаціонарні об'єкти і автомобілебудування. На сьогоднішній день даний напрямок залишається швидше теоретичним, оскільки ПЕ на твердому паливі практично не випускаються.

**Висновки.** В останні роки намітився істотний прогрес в комерціалізації технологій ПЕ, що проявився у появі на ринках ПЕ різних діапазонів потужності. Розвиток технологій ПЕ пов'язаний, в першу чергу, з можливістю впровадження екологічно чистих і більш ефективних систем генерації електроенергії. Рішення проблем зниження вартості і збільшення ресурсу роботи ПЕ здійснюється за рахунок вдосконалення матеріалів і технологій їх виробництва.

Дослідження у цьому напрямку спрямовані на підвищення питомої потужності ПЕ, їх ресурсу роботи і універсальності по відношенню до різних типів пального шляхом впровадження нових електродних матеріалів, збільшення електрохімічної активності електродів, зниження товщини твердоелектролітних мембран, вдосконалення технологій виробництва ПЕ та зниження їх робочої температури.

#### **Список використаних джерел**

1. Овчаров В. В., Вовк О. Ю. Пути снижения энергозатрат в мобильных агрегатах. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2013. Вип. 13, т. 4. С. 21-26.

2. Твердооксидные топливные элементы: проблемы, пути решения, перспективы развития и коммерциализации: аналитический обзор / ФГБНУ "Научно-исследовательский институт–Республиканский исследовательский научно-консультативный центр экспертизы". Москва, 2015. 21 с.

3. Кузьмінський Є. В., Щурська К. О., Самаруха І. А. Паливні елементи. І. Сучасний стан розроблення. *Відновлювана енергетика*. 2013. № 1. С. 90–96.

4. Головка Н. В. Фізичні основи паливних елементів та перспективи їх використання. *Наукові та методичні засади фізичної освіти*. 2014. № 1(6). С. 104–110.

УДК 621.313.33

## РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ ЗАХИСТ ВІД НЕСИМЕТРИЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

**Попова І. О., к.т.н., доцент**

**e-mail:** irirnapopova54@gmail.com

**Мінкін О. В., студент 11 МБЕЕ**

**e-mail:** aleksandr.minkin@gmail.com

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

**Актуальність та постановка проблеми.** На ефективність використання робочих машин і механізмів в умовах сільськогосподарського виробництва суттєво впливає експлуатаційна надійність електропривода, головною частиною якого є асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором.

Висока аварійність асинхронних електродвигунів обумовлює необхідність вдосконалення існуючих або розробки нових засобів діагностики і захисту від аварійних режимів роботи. Основними причинами, що істотно впливають на термін експлуатації асинхронних електродвигунів, є низька якість напруги мережі, перевантаження з боку робочої машини та порушення правил експлуатації. Найважчими аваріями напруги мережі вважаються: неприпустиме зниження (або підвищення) напруги, порушення її симетрії (неповнофазність) та виникнення неправильного чергування фаз.

Робота в умовах несиметричних і неповнофазних режимів супроводжується значним зменшенням моменту обертання, підвищенням фазних струмів і, як наслідок, перегріву фазної ізоляції обмоток статора і підвищеній витраті ресурсу її ізоляції. Перевантаження з боку робочої машини, несиметричні режими призводять до підвищення втрат теплової енергії в обмотках, підвищеному нагріву ізоляції обмоток і тепловому старінню. Отже, розробка пристроїв діагностики та захисту асинхронних двигунів в процесі їх експлуатації є доцільним питанням, яке спрямоване на підвищення їх експлуатаційної надійності і ресурсозбереження [1].

**Основні матеріали дослідження.** В наш час існує велика кількість пристроїв, призначених для контролю величини напруги мережі і керування трифазними асинхронними двигунами шляхом відключення їх від електричної мережі у випадку аварійних режимів, таких як: критичні перепади напруги; обриви і автоматичне повторне вмикання електродвигуна після повернення параметрів мережі в норму. Більшість із реле не мають відповідної універсальності, так як контролюють тільки сили струмів або перевищення (зниження) напруги, тощо. Це у свою чергу призводить до необхідності використання декількох аналогічних реле, що ускладнює схему, підвищує капіталовкладення, енергоспоживання, зменшує надійність роботи [2,3].

Промисловість випускає комбіновані пристрої або реле. Наприклад, фазочутливі пристрої захисту ФУЗ-М, ФУЗ-У, які призначені для захисту двигунів від неповнофазних режимів, в них використовується контроль максимального струму, кута зсуву фаз споживаних струмів і температури магнітопроводу (корпусу) статора. Однак ФУЗ не завжди передбачає відключення двигуна при змінному характері навантаження, при надзвичайному підвищенні температури зовнішнього середовища і порушеннях в системі охолодження. Оскільки в них ведеться контроль температури статора (корпусу), а не в лобових частинах обмотки, і не передбачається регулювання уставки спрацювання.

Завдання розробки пристрою захисту від несиметричних режимів асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором і перевищення температури обмотки двигунів більше допустимого значення на сучасній базі напівпровідникової техніки є актуальним. Розроблена структурна схема захисту від несиметричних режимів (рис. 1).

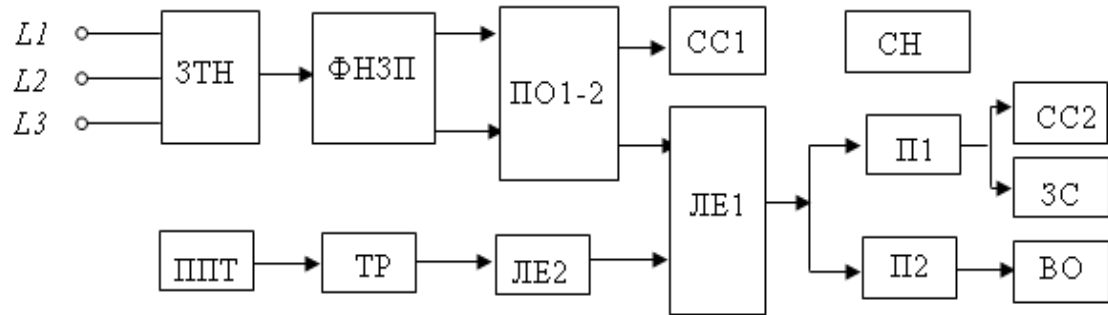


Рис. 1. Структурна схема ресурсозберігаючого захисту асинхронного двигуна від несиметричних режимів

Ресурсозберігаючий захист складається з наступних блоків і елементів: знижуючого трансформатора напруги ЗТН; фільтра напруги зворотної послідовності ФНЗП; операційних підсилювачів ОП1, ОП2; логічного елемента «Або» ЛЕ1; логічного елемента «Ні» ЛЕ2; первинного перетворювача температури ППТ; світлової сигналізації перевищення несиметрії напруги вище нормально допустимого значення СС1; світлової сигналізації перевищення несиметрії напруги вище гранично допустимого значення (глибока несиметрія) СС2; звукова сигналізація глибокої несиметрії напруги ЗС; виконавчий орган ВО; стабілізоване джерело напруги СН.

Розроблений ресурсозберігаючий захист дозволяє контролювати і захищати асинхронний електродвигун від несиметричних режимів, а також від тривалого перевищення температури обмотки двигунів більше допустимого значення, що дозволяє підвищити експлуатаційну надійність двигуна та збільшити строк експлуатації.

#### Список використаних джерел

1. Попова І. О., Курашкін С. Ф., Нестерчук Д. М. Захист асинхронного двигуна від несиметричних режимів. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2018. Вип. 195: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 114-115.

2. Three-phase motor protection device / I. A. Popova, S. F. Kurashkin, D. N. Nesterchuk, S. A. Kvitka. *Perspectives of world science and education. Abstracts of the 2nd International scientific and practical conference*. CPN Publishing Group. Osaka, Japan. 2019. P. 556-559. URL: <http://sci-conf.com.ua> (режим доступу: 20.05.2020).

3. Попова І. О. Контроль режимів роботи асинхронних двигунів при несиметрії напруг мережі: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.16. Мелітополь, 2003. 20 с.

УДК 631.563.2:633.854.78

**ОБГРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО СУШІННЯ НАСІННЯ СОНЯШНИКА****Петренко К. Г., інженер****e-mail:** petrenko.k.g@gmail.com**Журавель Д. П., д.т.н.****e-mail:** dmytro.zhuravel@tsatu.edu.ua*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Актуальність та постановка проблеми.** Соняшник – одна з головних олійних культур. Соняшникова олія – високо калорійний харчовий продукт, що має гарні смакові якості, широко застосовується в харчовій промисловості. Соняшникова олія – містить в середньому близько 90% ненасичених жирних кислот – ленолевої та олеїнової, а також до 10% насичених – пальмітинової та стеаринової кислот. Найбільшу цінність для організму людини становлять ненасичені кислоти, особливо лінолева, вміст якої в олії соняшника складає 55-60%, олеїнової – 30-35% від суми всіх жирних кислот [1,2].

Кліматичні умови нашої країни сприяють вирощуванню соняшника різних сортів. Основними шляхами підвищення продуктивності даної культури є дотримання технологічних вимог при вирощуванні, селекції та покращенні якості насіннєвого матеріалу. Це питання в Україні практично не вирішене, тому проблема зберігання насіння соняшника без погіршення його посівних та товарних якостей до сих пір є не вирішеною та актуальною.

**Основні матеріали дослідження.** До основних факторів, що впливають на вибір технології належать наявність сировини та її доступність для використання у даному процесі, можливість застосування існуючого обладнання, для досягнення заданих параметрів якості кінцевої продукції, визначення масштабу проекту, його структури, ступеню автоматизації проектного виробництва [3].

Вимоги до сушіння насіння соняшника визначаються показниками якості продукції, що зберігається. До показників якості відносять: хімічний склад, ознаки свіжості маси, що зберігається, пошкодження насіння в полі при збиранні, шкідники, вологість та засміченість.

Візуальний огляд насіння дає уявлення про повноцінність партії. Насіння кожного роду, виду, і навіть, сорту має певну форму, колір, розміри, запах і смак. Стан певної маси за цими ознаками називають свіжістю.

Пошкодження насіння в полі здійснюється ще під час розвитку рослин, їх органи, особливо зерно, вражають хвороби і пошкоджують шкідники.

Під час обмолоту, до маси потрапляють домішки. Кількість їх, виявлена в тій, чи іншій партії, різна і залежить від рівня агротехніки, способів та техніки збирання врожаю, а також наступної обробки маси насіння. Домішки бувають мінерального (частки ґрунту, пісок), рослинного (частки культурних та диких рослин) і тваринного походження.

Насіння соняшника розміщують, транспортують і зберігають роздільно по класах у чистих, сухих, без стороннього запаху, не заражених шкідниками транспортних засобах і зерносховищах відповідно до правил перевезень, що діють на даному виді транспорту, санітарними правилами й умовами збереження, затвердженими у встановленому порядку.

При розміщенні, транспортуванні й збереженні насіння соняшника враховують наступні стани:

1). Класифікація соняшника по вологості: сухе – вологість не більше 7%; середньої сухості – вологість 7,1...8,0%; вологе – вологість 8,1...9,0%; сире – 9,1% і більше.

2). Класифікації соняшника по засміченості: чисте - бур'яниста домішка не більше 1%, олійна домішка не більше 3,0%; середньої чистоти - бур'яниста домішка 1,1...5,0%, олійна домішка 3,0...7,0%; бур'янисте - бур'яниста домішка 5,1% і більше, олійна домішка 7,1% і більше.

На тимчасове збереження терміном до 1 місяця повинні закладатися насіння соняшника з вологістю не більш 9,0% і засміченістю не більш 3,0% за умови їхнього активного

вентилювання. На тривале збереження в зерносховища без активного вентилявання повинні закладатися насіння соняшника з вологістю не більш 7,0% і засміченістю не більш 2,0%. Насіння соняшника з вологістю більш 7,0% повинні зберігатися не більш 1 доби.

Партії насіння соняшника, уражені білою чи сіркою гнилизною, розміщують, транспортують і зберігають окремо в умовах, що виключають можливість їхнього змішування з іншими партіями.

Промисловість випускає машини та обладнання, призначені для післязбиральної обробки насіння, для сушіння насіння використовуються шахтні, пневматичні, барабанні сушарки, відділення бункерів активного вентилявання, обладнанні електричними підігрівачами повітря, напільні пристрої з повітряними підігрівачами тощо, призначені для потокового сушіння великих партій насіння [4].

Режим сушіння об'єднує наступні регулюємі параметри, що впливають на процес сушіння: температуру, вологість повітря та швидкість його руху, товщину насінневого шару, тривалість сушіння (табл. 1).

Таблиця 1 - Режимы сушіння насіння соняшника

Вологість насіння, %	Нагрів насіння, °С	Температура теплоносія, °С	Товщина шару, м	Тривалість сушіння (год) до вологості 7%
менш 14 %	45	50-55	0,7	12-18
14 – 20 %	43	46-50	0,6	16-20
більш 20 %	41	43-45	0,5	20-24

**Висновки.** При сушінні соняшника активним вентиляванням температура теплоносія не повинна перевищувати 35 – 40 °С та питома подача повітря 400 – 600 м<sup>3</sup>/год. Інтенсивність подачі повітря залежить від вологості насіння. При значній вологості насіння швидкість потоку повинна бути більша. Це сприяє вологовіддавальній здатності насіння.

#### Список використаних джерел

1. Журавель Д. П., Зубкова К. В., Елісов Р. Д. Розробка удосконаленої схеми сушіння насіння соняшника. *Актуальні проблеми дисциплін природничо-наукової підготовки сучасних інженерів*: матеріали всеукр. студ. наук.-практ. конф. Херсон, ХДАУ, 2010. С.101-104.
2. Ткаченко А. В., Дидур В. А. Оборудование и технология сушки семян подсолнечника высших репродукций. Lambert Academic Publishing, 2014. 144 с.
3. Дідур В. А., Журавель Д. П. Технічна механіка рідини і газу: підручник. Мелітополь: Колор Принт, 2019. 468 с.
4. Надійність обладнання харчової галузі: навчальний посібник / Ю. Г. Сухенко, І. П. Паламарчук, М. М. Жеплінська, М. М. Муштрук, Д. П. Журавель. Київ: КомпрІнт, 2019. 370 с.

## Наукове видання

# Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії

### *Матеріали*

*І Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції  
8-26 червня 2020 р.*

*Відповідальна за випуск: Ю. О. Постол, доцент, в.о. зав.  
кафедри «Електротехнологій і теплових процесів» Таврійського  
державного агротехнологічного університету імені Дмитра  
Моторного.*

*Редактор: Ю. О. Постол*

*Дизайн і верстка: О. І. Риженко*

*Адреси для листування:*

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

*E-mail: [ettp.conference@gmail.com](mailto:ettp.conference@gmail.com)*

*Сайт конференції: <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/internet-konferencia/>*

**Редакційна колегія не несе відповідальності за зміст  
представлених матеріалів**

© ТДАТУ, 2020