

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного



Науковий вісник

Таврійського державного агротехнологічного університету
імені Дмитра Моторного



Випуск 10, том 1

Електронне наукове фахове видання

Мелітополь – 2020 р.

УДК [631.3+621.3+004]

T 13

Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного : електронне наукове фахове видання / ТДАТУ ; гол. ред. д. т. н., проф. В. М. Кюрчев. - Мелітополь: ТДАТУ, 2020. - Вип. 10, том 1.

ISSN 2220-8674

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
Протокол № 10 від 13 травня 2020 р.

Представлені результати досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, енергетики, електротехніки, електромеханіки, харчових технологій, комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, аспірантів, інженерно-технічного персоналу і студентів, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Реферативні бази: Crossref, Google Scholar, eLibrary, «Україна наукова», НБУ ім. В. І. Вернадського.

Редакційна колегія:

Головний редактор

Кюрчев В. М. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

Заступник головного редактора

Надикто В. Т. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

Відповідальний секретар

Діордієв В. Т. - д.т.н., проф. (Україна)

Технічний секретар

Кашкарьов А. О. - к.т.н., доц. (Україна)

BeloevHristo - д.т.н., проф. (Болгарія)

IvanovsSemjons - PhD (Latvia)

JoseItaloCortez - PhD (Mexico)

Нукешев Саяхат - д.т.н., проф. (Казахстан)

Прищепов М.А. - д.т.н., доц. (Білорусь)

Постолатій В. М. - д.х.т.н. (Молдова)

Шингісов А. У. - д.т.н., проф. (Казахстан)

Волошина А.А. - д.т.н., доц. (Україна)

Гнатушенко В. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Гумен О. М. - д.т.н., проф. (Україна)

Дейниченко Г. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Дідур В. А. - д.т.н., проф. (Україна)

Євлаш В. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Караєв О. Г. - д.т.н., с.н.с. (Україна)

Кузнєцов М. П. - д.т.н., с.н.с. (Україна)

Леженкін О. М. - д.т.н., проф. (Україна)

Лисиченко М. Л. - д.т.н., проф. (Україна)

Малкіна В. М. - д.т.н., проф. (Україна)

Мілько Д. О. - д.т.н., в.о. проф. (Україна)

Назаренко І. П. - д.т.н., проф. (Україна)

Паламарчук І. П. - д.т.н., проф. (Україна)

Панченко А. І. - д.т.н., проф. (Україна)

Пилипенко Л. М. - д.т.н., проф. (Україна)

Погребняк А. В. - д.т.н., доц. (Україна)

Пріс О. П. - д.т.н., проф. (Україна)

Сердюк М. Є. - д.т.н., доц. (Україна)

Соболь О. М. - д.т.н., проф. (Україна)

Тарасенко В. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Шоман О. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Гавриленко Є. А. - к.т.н., доц. (Україна)

Кюрчев С. В. - к.т.н., проф. (Україна)

Квітка С. О. - к.т.н., доц. (Україна)

Лендел Т. І. - к.т.н., (Україна)

Ляковська С. Є. - к.т.н., доц. (Україна)

Самойчук К. О. - к.т.н., доц. (Україна)

Сидоренко О. С. - к.т.н., доц. (Україна)

Скляр О. Г. - к.т.н., проф. (Україна)

Строкань О. В. - к.т.н., доц. (Україна)

Мацулевич О. Є. - к.т.н., доц. (Україна)

Холодняк Ю. В. - к.т.н. (Україна)

Яковлев В. Ф. - к.т.н., проф. (Україна)

Відповідальний за випуск – к.т.н., професор Скляр О. Г.

Адреса редакції: ТДАТУ

Просп. Б. Хмельницького, 18,

м. Мелітополь, Запорізька обл., 72312 Україна

© Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2020.



ЗМІСТ

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

<i>Кюрчев В. М., Мовчан С. І., Бережецький О. В., Андріанов О. А.</i>	1
Забезпечення екологічної безпеки водних об'єктів електронною підготовкою води в системах оборотного тепловодопостачання	
<i>Пастушенко С. І., Клендій М. Б., Клендій М. І.</i>	2
Дослідження агротехнологічних показників якості обробітку ґрунту бороною з гвинтовими робочими органами	
<i>Журавель Д. П.</i>	3
Вплив технічного обслуговування і ремонту на надійність машин та обладнання при використанні біологічних рідин	
<i>Скляр Р. В.</i>	4
Аналіз способів подачі субстрату в метантенк біогазової установки	
<i>Болтянська Н. І. Заболотько О. О.</i>	5
Дослідження придатності корів до машинного доїння за технологічними ознаками	
<i>Скляр О. Г., Скляр Р. В.</i>	6
Обґрунтування способу перемішування субстрату для експериментальної біогазової установки	
<i>Болтянський Б. В., Дереза С. В.</i>	7
Програма і методика експериментальних досліджень визначення енергетичних показників розкидача підстилки	
<i>Романенко С. М., Андрієвська Я. П.</i>	8
Інновації сучасного будівництва будівель та споруд для агропромислового комплексу Херсонщини	
<i>Журавель Д. П.</i>	9
Раціональне використання біологічних олив для мобільних енергетичних засобів	
<i>Болтянська Н. І.</i>	10
Удосконалення системи утримання основного стада свиноматок	
<i>Волик Б. А., Теслюк Г. В., Коновий А. В.</i>	11
Формування конструктивних параметрів ґрунтообробних машин методами моделювання технологічного процесу	
<i>Кувачов В. П., Мітков В. Б., Ігнат'єв Є. І., Аюбов А. М.</i>	12
Методологія перевірки математичних моделей функціонування агромовових систем на адекватність	



- Макаренко Д. О., Деркач О. Д., Муранов Є. С., Крутоус Д. І.* 13
Деякі властивості конструкційних пластиків, наповнених вторинним поліетиленом та їх застосування в сільськогосподарському машинобудуванні
- Скляр О. Г., Скляр Р. В.* 14
Теоретичні дослідження режимів і параметрів метантенку біогазової установки
- Мовчан С. І.* 15
Система водовідведення для забезпечення екологічної безпеки земель сільськогосподарського призначення в зрошуваному землеробстві
- Болтянська Н. І., Болтянський О. В.* 16
Визначення напрямів енергозбереження в сільському господарстві
- Колодій О. С., Сушко О. В.* 17
Аналіз плоского пластичного плину матеріалу при оцінюванні оброблюваності на металорізальних верстатах
- Паніна В. В., Дашивець Г. І., Бондар А. М., Новик О. Ю.* 18
Підвищення надійності підшипників ковзання вібронакатуванням
- Троїцька О. О., Ткаліч І. О., Бакарджиев Р. О., Болтянська Н. І.* 19
Дослідження впливу виробництва сільськогосподарської продукції на екологічний стан водних ресурсів
- В'юник О. В., Дідур В. В., Паніна В. В., Дашивець Г. І.* 20
Теоретичні підходи застосування різних присадок при обкатуванні гідромашин
- Комар А. С., Болтянська Н. І.* 21
Гранулювання органічних відходів рослинного походження на прикладі очерету
- Матковський О. І., Саньков С. М., Кольцов М. П., Дядя В. М.* 22
Оптимізація параметрів розпушувача плуга для викопування саджанців плодкових культур
- Паніна В. В., Чорна Т. С.* 23
Альтернативний спосіб відновлення гільз циліндрів
- Коваль Я. В., Сєра К. М.* 24
Аналіз еволюції дизайну і функціональних можливостей паливороздавальних колонок компанії ТОКНЕІМ
- Stepanov D., Vasykhevych O., Kofanov O.* 25
Investigation of the water addition influence on the gasoline 2hysic-chemical properties, ecological and operational characteristic



<i>Болтянська Л. О.</i>	26
Тенденції розвитку галузі тваринництва в південному регіоні України	

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

<i>Галько С. В.</i>	27
Вплив температури на енергетичні показники гібридної сонячної панелі на основі циліндричних когенераційних фотомодулів	
<i>Назаренко І. П., Діденко О. В., Лобода О. І., Дубініна С. В.</i>	28
Вплив температури та вологи на електрофізичні властивості рицинової олії	
<i>Галько С. В.</i>	29
Розрахунок малопотужного вітроелектрогенератора для домогосподарств	

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Дереза О. О., Дереза С. В.</i>	30
Моделювання механічних передач	
<i>Лубко Д. В., Зінов'єва О. Г.</i>	31
Методологія проектування експертної системи для тваринництва на прикладі вирощування овець	
<i>Рабош І. О., Кофанова О. В.</i>	32
Моделювання і візуалізація полів розсіювання поллютантів від автотранспортних потоків	



УДК 628.179.2.16.087

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-1

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ЕЛЕКТРОННОЮ ПІДГОТОВКОЮ ВОДИ В СИСТЕМАХ ОБОРОТНОГО ТЕПЛОДОПОСТАЧАННЯ

Кюрчев В. М.¹, д.т.н., проф.,
Мовчан С. І.¹, к.т.н., доц.,
E-mail: msi.movchan@gmail.com,

ORCID: 0000-0003-4377-1924
ORCID: 0000-0001-8665-482X

Бережецький О. В.², к.т.н.,
E-mail: metallurgy@ukr.net

Андріанов О. А.³, к.т.н.,
E-mail: metallurgy@ukr.net

¹*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

²*Товариство з обмеженою відповідальністю «САВ КОМПЛЕКТ»
м. Запоріжжя, Україна,*

³*Запорізьке регіональне представництво Українського національного
комітету міжнародної торгової палати (ICC UKRAINE) м.
Запоріжжя, Україна*

Постановка проблеми. Експлуатація систем тепловодопостачання обумовлена складними умовами роботи всього технологічного обладнання. Наприклад, шар накипу товщиною 1 мм за термічним опором, має еквівалент орієнтовно 40 мм сталевій стінки, а плівка мікроорганізмів товщиною у 0,25 мм і може знизити теплопередачу до 25 % [1, с. 3].

Зниження передачі тепла майже на чверть (до 25 %) має негативні наслідки в роботі систем тепловодопостачання, в яких відбувається охолодження/нагрівання носіїв і використання тепла: води і мастила, що суттєвим чином впливає на стан технологічного обладнання, знижує термін експлуатації, а низька ефективність процесів водопідготовки в значній мірі впливає на техніко-економічні показники.

Аналіз останніх досліджень. Використання води і водних ресурсів в промисловому секторі країни обумовлено вирішенням двох взаємопов'язаних між собою інженерно-технічних і екологічних задач і завдань. По-перше, технічними умовами улаштування та експлуатації систем оборотного водопостачання, які є основою водогосподарського комплексу країни. По-друге, забезпеченням



екологічної безпеки водних ресурсів в системах оборотного тепловодопостачання.

Для вирішення першого завдання відомі інженерно-технічні рішення, які за своєю фізичною сутністю відповідають імпульсній високочастотній електромагнітній підготовці води, в системах оборотного тепловодопостачання.

Пристрій для обробки рідини в трубопроводі, що включає перший і другий основні елементи з магнітопровідного матеріалу, пристосованих для кріплення до трубопроводу для оточення однакових у віддалених положеннях поперек; засоби для створення радіочастотних магнітних потоків у зазначених основних елементах, для генерації відповідних електромагнітних полів у рідині, що підлягає обробці і проходить уздовж трубопроводу [5].

Спосіб інгібування корозії щонайменше в одній необхідній області витягнутої металевої конструкції, включає застосування високочастотного електромагнітного сигналу до структури таким чином, що в структурі встановлюється хвиля стоячої напруги з потенціалом гальмування корозії на необхідну область (і) структуру. Спосіб переважно застосовується до трубопроводу нафтових свердловин для інгібування корозії його зовнішньої поверхні поблизу зони видобутку нафти [6].

Апарат встановлює електроди в області електропровідної рідини, що протікає по трубі. Апарат включає в себе сердцевину з магнітопровідного матеріалу, що оточує трубу, енергетичну первинну котушку, яка створює електричне поле всередині рідини. При цьому котушка має протяжність і / або розташування по колу елемента сердечника і трубопроводу так, щоб створювати ефективне магнітне поле по всьому елементу сердечника [7].

Спосіб і пристрій для обробки рідини, такої як вода в трубопроводі, де сигнали сукцесії або радіочастоти використовуються для створення електромагнітного поля. Електромагнітне поле може використовуватися для запобігання утворення та накопичення накипу і/або для запобігання розмноження бактерій в системі, яка містить рідину. Спосіб і система також можуть бути використані для введення імпульсного радіочастотного сигналу в ряді точок в системі, яка містить рідину, або для подачі імпульсного радіочастотного сигналу в ряд незалежних систем, що містять рідину [8].

Окремі науковці наголошують щодо провідної ролі води і водних ресурсів для забезпечення екологічної безпеки всього навколишнього природного середовища. Безпосередньо екологічна безпека води і водних ресурсів залежить від технічної оснащеності виробництва. Рівень технічної оснащеності підприємства визначається рівнем наукових розробок, які використовуються у промисловому

водопостачанні, перспективами використання і подальшим розвитком у водоочисній технології водогосподарського спрямування.

Питаннями якості води і водних ресурсів займалися такі вчені, як Гончаренко Д. Ф., Алейников А. И., Запольський А. К., Карагяур А. С., Stefanini D., Wang S., Tiri A., Belkhir L., Mouni L. та ін.

Внаслідок використання води і водних ресурсів в різних галузях виробничої діяльності не в повній мірі забезпечується підвищення енергоефективності водних ресурсів [9, 11]. Оцінка якості поверхневих вод для питних цілей проводиться за допомогою нечіткої системи виводу окремих компонентів, які входять до складу вод в технологічних процесах. Якість води для питного водопостачання безпосередньо пов'язана своїм складом і характеристиками з водними ресурсами, що використовуються в промисловому секторі [10].

Забезпечення екологічної безпеки водних об'єктів відбувається на стадії її використання в системах оборотного, повторного і багаторазового використання в технологічних процесах переважної більшості промислових підприємств.

Методи очищення внутрішніх функціональних поверхонь трубопроводів теплообмінного обладнання й устаткування від відкладень різного походження і стану наведено на рис. 1.



Рис. 1. Основні методи очищення внутрішніх функціональних поверхонь теплообмінного устаткування

Наведено методи і характеристики очищення внутрішньої поверхні від відкладень найбільш розповсюджених трубопроводів, які використовуються в різних галузях виробничої діяльності. Використання імпульсної очистки (електрогідроімпульсна, пневмоімпульсна, вибухова та ін.) для робочих поверхонь трубопроводів обмежено на стадії, коли мова йдеться про очищення робочих поверхонь трубопроводів [2, стор. 63- 67].



Переважна більшість методів очищення внутрішніх робочих поверхонь (рис. 1) має деструктивний характер. У разі використання методів, які мають механічний вплив на поверхні, значно погіршуються внутрішні робочі металеві поверхні, скорочується термін експлуатації усього технологічного обладнання. За рахунок неефективних процесів підготовки води в системах тепловодопостачання підвищується негативний вплив на навколишнє природне середовище.

Результати використання очищення стічних вод із підвищеним вмістом Ca^{2+} і Mg^{2+} довели, що найбільш стійкі з'єднання в системах багаторазового і повторного використання стічних вод утворюються на основі відкладень солей кальцію і магнію. Характерною ознакою відкладень, що утворюються із підвищеним вмістом Ca^{2+} і Mg^{2+} , є поступове накопичення, спроможність вступати в стійкі з'єднання та стійкість до температурного перепаду в широкому значенні. Отримані результати досліджень довели, що використання багатоступеневих апаратів напірної флотації дозволяє з використанням 4-6 ступенів очищення не лише видаляти іони важких металів, а й зменшити вплив води з підвищеним вмістом солей жорсткості, яка у даному випадку становила 28-31 мг/екв. літр [3, с. 144-155].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Важливою технічною проблемою експлуатації систем оборотного тепловодопостачання є оброблення поверхонь по всьому внутрішньому об'єму технологічного обладнання. В переважній більшості випадків в роботі систем тепловодопостачання необхідно обробляти поверхні, які розташовані по всьому об'єму кожухотрубного теплообмінного апарату. Тому розроблення неінтрузивної обробки внутрішніх робочих поверхонь є важливою технічною задачею, яка вирішується в об'ємі даної роботи.

Розроблення і впровадження в системи оборотного тепловодопостачання еколого-безпечних способів підготовки і використання води визначає мету наукових досліджень.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити дві взаємопов'язані задачі:

1. Розроблення і впровадження інженерно-технічних рішень, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки водних об'єктів і всього навколишнього природного середовища.
2. За рахунок ефективної підготовки і використання води в системах оборотного тепловодопостачання зменшити умови для накопичення на внутрішніх робочих металевих поверхнях біологічних відкладень, накипу і біобростань.

Основні матеріали дослідження. Схема застосування приладу імпульсної високочастотної електромагнітної обробки води контуру

водоохолодження рекуперативного кожухотрубного теплообмінного апарату системи тепловодоохолодження наведена на рис. 2.

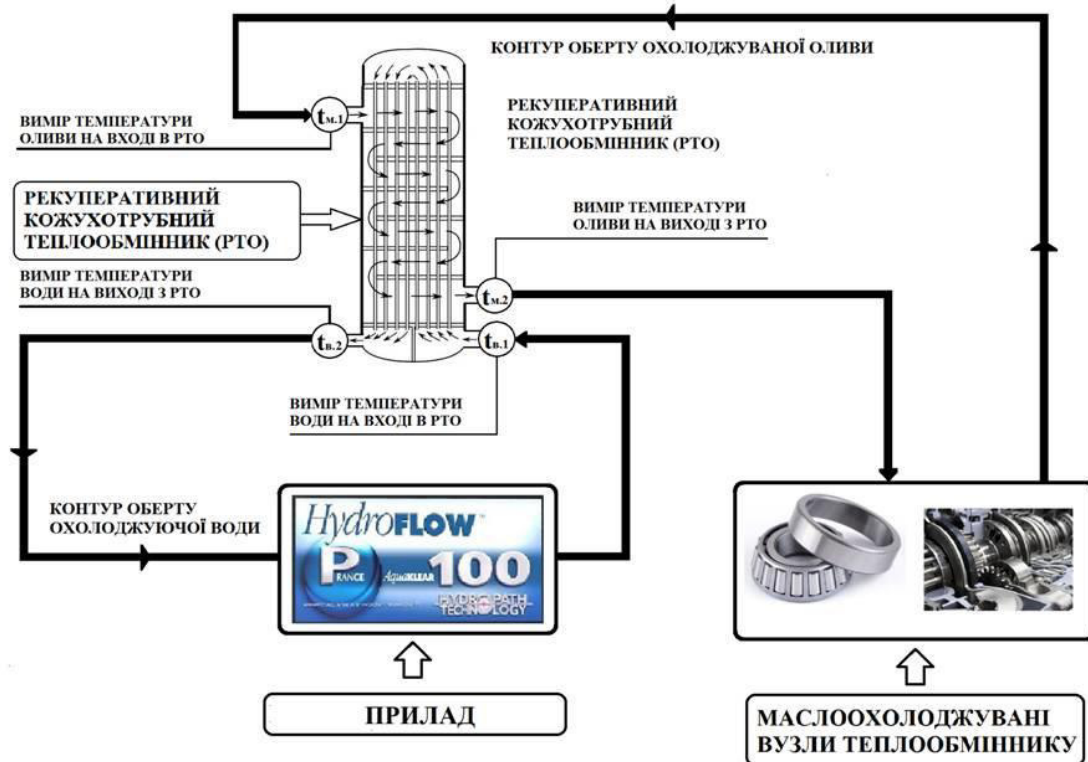


Рис. 2. Загальна схема застосування приладу імпульсної високочастотної електромагнітної обробки води по контуру водоохолодження рекуперативного кожухотрубного теплообміннику

Головною складовою запропонованої схеми є використання приладу електромагнітної обробки води. Принцип дії феритних приладів проти накипу – система водопідготовки Гідрофлору, заснована на застосуванні генератора високочастотних електромагнітних імпульсів, який працює в діапазоні від 120 до 200 кГц. Генератором формуються електромагнітні імпульси випадкової часовій послідовності. Пристроєм формуються імпульси змінної частоти, що мають форму експоненціально-загасаючої синусоїди.

Сигнал передається трубі феритовим кільцем, закріпленим поверх її стінок. Кільце виготовлено зі спеціального феросплаву. Воно з високим коефіцієнтом корисної дії (ККД) передає сигнал стінок труби, яка, в свою чергу, сама стає випромінювачем, тобто як би технологічним елементом, «продовженням» приладу. Тому такі протинакипні пристрої ще називають феритними.

У трубі наводиться електрорушійна сила (ЕРС) самоіндукції і виникає вторинне електричне поле. За допомогою імпульсів, які



постійно коригуються, прилад проти накипу забезпечує електромагнітний резонанс з утворенням «стоячої хвилі».

Електромагнітне поле направлене поперек осі труби (радіально) у вигляді «кілець». Крім того, імпульси поширюються і уздовж труби, рухом «кілець» в обидві сторони – по ходу і проти руху води.

В останній час на потужних підприємства м. Запоріжжя і країни проведено й проводяться промислові випробування приладу імпульсної високочастотної електромагнітної обробки (табл. 1). Специфіка кожного підприємства визначає об'єкт досліджень, який безпосередньо пов'язаний із спрямованістю технологічних процесів на підприємствах.

Крім означених переваг, якими характеризується кожне виробництво, необхідно відзначити наступні позитивні якості і характеристики, спрямовані на забезпечення екологічної безпеки водоймищ країни. По-перше, зменшується використання води в технологічних процесах об'єктів теплоенергетики. По-друге, суттєво скорочується кількість необроблених, або недостатньо оброблених стічних вод. І, на кінець, упорядковується введення водного господарства, в межах окремої системи оборотного водопостачання промислового підприємства.

З технічної точки зору, суттєво продовжено строк експлуатації технологічного обладнання стосовно робочих внутрішніх поверхонь трубопроводів. Збільшено строк міжремонтного технологічного обслуговування усього технологічного обладнання.

Результати впроваджені і отримані, при цьому позитивні результати наочно свідчать, що використання приладу імпульсної високочастотної обробки води можливо в екстремальних умовах енергоємних галузей країни.

У разі, коли враховувати різний склад води, що використовується в системах охолодження, то поширюються функціональні можливості приладу. Випробування, які проведено й проводяться в складних промислових умовах, дозволили виявити позитивні технології підготовки води в системах багаторазового використання енергоємних підприємств.

Використання приладу імпульсної високочастотної електромагнітної обробки дозволяє отримати результати по окремим показникам, які визначені технічними умовами експлуатації систем тепловодопостачання. Рекомендована величина наведена для охолодних систем оборотного водопостачання і для окремих величин має наступні значення: лужність знаходиться в межах 2,2-2,5, що не перевищує загально прийнятої норми 2-4; хлориди – 120-140 мг/л (припустиме значення до 300, 350 і 500 мг/л); сульфати мають значення 210-220 мг/л (припустиме значення значно перевищує цей



показних 35-50, і, навіть, більше 500 мг/л); зважені речовини знаходяться на рівні 10-12 мг/л (припустима величини цього показника має значення 20, 30 і, навіть, 50 мг/л) [4, с. 35].

Таблиця 1 – Об'єкти і результати промислових випробувань приладу електромагнітної підготовки води на окремих об'єктах промислових підприємств

Підприємство	Об'єкт випробувань	Об'єкт досліджень	Результати
Приватне акціонерне товариство «Запорізький абразивний комбінат» м. Запоріжжя	Пластинчастий теплообмінник паросилового цеху центральної компресорної станції	Пластинчастий Теплообмінник	1. Використовуються інженерні рішення, які дозволяють вилучити з технологічних операцій хімічні реагенти. 2. Зменшено використання води, водних ресурсів і, як наслідок, затрати енергії.
Приватне акціонерне товариство «Полтавський ГЗК» м. Горішні Плавні (раніше м. Комсомольськ), Полтавської області	Паровий котел котельні теплосилового цеху	Кожухотрубний теплообмінник станції шламового господарства	1. Використовується технологія підготовки води, що обмежує використання хімічних компонентів. 2. За рахунок скорочення споживання газу в технологічних процесах парової котельної в системі оборотного водопостачання зменшуються капітальні витрати на експлуатацію системи тепловодопостачання.
Акціонерне товариство Запорізький завод феросплавів м. Запоріжжя	Внутрішня напівфаза електроду феросплавного цеху виплавки феросплавів	Напівфаза електричної печі з виплавки феросплавів	1. Суттєво зменшено споживання енергії. 2. В технології не використовується хімічні добавки в якості реагентів.



До основних переваг використання приладу імпульсної високочастотної електромагнітної обробки води необхідно віднести наступне:

1. Високу ефективність цього методу при видаленні наявних і запобіганні утворенню нових карбонатних та біологічних відкладень у контурі водоохолодження, а також закоксованих відкладень у контурі оберту оливи на виробничих об'єктах абразивної промисловості, зокрема – системі водоохолодження компресору.

2. Досягнення суттєвого покращення процесів водоохолодження та тепловідведення, зменшення теплового навантаження на обладнання, підвищення економічної ефективності ремонтів та експлуатації основного та допоміжного виробничого обладнання у металургії за рахунок зменшення трудовитрат та збільшення міжремонтних періодів.

3. Доцільність, можливість та ефективність застосування паралельної системи збору, фіксації, передачі та обробки даних, а також спеціально розробленого програмного забезпечення на базі відомих формул розрахунку середнього логарифмічного температурного напору та умовної розрахункової товщини шару накипу, що дозволяє коректно, у графічному вигляді відображати відповідні теплотехнічні процеси [12].

Результати та висновки досліджень.

1. Отримані результати промислових випробувань наочно довели, що застосування приладу імпульсної високочастотної електромагнітної обробки води забезпечує ефективну підготовку води при її використанні в системі оборотного тепловодопостачання.

2. Для забезпечення екологічної безпеки водних об'єктів процес застосування приладу підвищує ступень підготовки води, зменшує об'єми відкладень на внутрішніх робочих металевих поверхнях усього технологічного обладнання.

3. Проведені випробування приладу в широкому діапазоні перепаду температури для носіїв тепла обмежує умови для накопичення відкладень і утворення стійкості шарів на металевих поверхнях.

Вирішення питань підготовки та використання води в системах використання води на об'єктах атомної енергетики в повній мірі відповідає енергетичній безпеці, які було розглянуто в дослідженні та прогнозуванні ефективності роботи глибоких малопроточних стратифікованих водосховищ-охолоджувачів ТЕС та АЕС [13].

Список використаних джерел

1. Щодо виконання програми виробничих випробувань приладу «Hydroflow Industrial (test)» на пластинчастому теплообміннику №1



(ПТОН№1) паросилового цеху №18 центральної компресорної станції ПрАТ «Запоріжбразив» : звіт №1 від 20 листопада 2019 р. / Розробник ТОВ «САВ КОМПЛЕКТ», С. В. Бережецький; виконавці О. А. Андріанов, О. В. Бережецький, С. І. Мовчан. Запоріжжя: 2019. 14 с.

2. Гончаренко Д. Ф., Алейников А. И. Особенности подготовки трубопроводов водоснабжения к ремонтно-восстановительным работам. *Науковий вісник будівництва*. 2014. Т. 76(2). С. 63-67.

3. Мовчан С. И., Дидур В. А. Усовершенствование технологии очистки сточных вод с использованием моющих растворов, приготовленных на воде с повышенным содержанием солей кальция и магния. *Науковий вісник будівництва*. 2003. Вип. 20. С. 144-155.

4. Запольський А. К., Мішкова-Клименко Н. А., Астрелін І. М., Брик М. Т., Гвоздяк П. І., Князькові Т. В. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод : підручник. Київ: Лібра, 2000. 552 с.

5. Stefanini D., Hydropath Holdings Limited. Fluid treatment method and apparatus. Patent U. S., no 2008/0185328, 2008.

6. Stefanini D. Inhibition of corrosion of structures. Patent U. S., no 2010/0101933, 2010.

7. Stefanini D., Hydropath Holdings Limited. Apparatus for establishing electrodes in a liquid. Patent U. S., no 2015/0191373, 2015.

8. Stefanini D. Method and apparatus for treating fluid with radio frequency signals. Patent U. S., no 5667677, 1997.

9. Wang S., Wang S. Implications of improving energy efficiency for water resources. *Energy*. 2017. Vol. 140. P. 922–928.

DOI: 10.1016 / j.energy.2017.09.014.

10. Tiri A., Belkhiri L., Mouni L. Evaluation of surface water quality for drinking purposes using fuzzy inference system. *Groundwater for Sustainable Development*. 2018. Vol. 6. P. 235–244.

DOI: 10.1016/j.gsd.2018.01.006.

11. Li Y. G., Sun M. H., Yuan G. H., Liu Y. J. Evaluation Methods of Water Environment Safety and Their Application to the Three Northeast Provinces of China. *Sustainability*. 2019. Vol.11(18). P. 5135.

DOI: 10.3390/su11185135.

12. Кюрчев В. М., Мовчан С. І., Андріанов О. А., Бережецький О. В. Імпульсна високочастотна електромагнітна обробка води в системах оборотного водопостачання. *Стратегія сталого розвитку України: сьогодні та перспективи*: мат. Всеукр. інтернет-конф.(30-31 січня 2020 р.). Рівне: 2020. С.100-103.

13. Карагяур А. С. Прогнозування ефективності роботи глибоких малопроточних стратифікованих водосховищ-охолоджувачів ТЕС та АЕС : дис. канд. техн. наук: 05.23.17. Харків, 2003. 137 с.



**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ЕЛЕКТРОННОЮ ПІДГОТОВКОЮ ВОДИ
В СИСТЕМАХ ОБОРОТНОГО ТЕПЛОДОПОСТАЧАННЯ
Кюрчев В. М., Мовчан С. І., Бережецький О. В., Андріанов О. А.**

Анотація.

В промислових умовах апробовано прилад «Hydroflow Industrial (test)» на пластинчастому теплообміннику паросилового цеху центральної компресорної станції ПрАТ «Запоріжжябразив», який в широкому діапазоні температурного перепаду мастила і води довів надійність, ефективність та тривалість процесів захисту та боротьби із накипом і біообростанням на робочих поверхнях труб та обладнання.

Принцип дії приладу оброблення води в теплообмінних апаратах базується на застосуванні підібраного, встановленого, контрольованого та обслуговуваного приладу імпульсної високочастотної електромагнітної обробки води, що неінтрузивно (ззовні, без порушення суцільності труби або виробу) монтується на трубу безпосередньо перед входом охолоджуючої води у випробувальний об'єкт та підключається до електричної мережі змінного струму напругою 220В.

Отримані результати випробувань приладу імпульсного високочастотної електромагнітної обробки води, які проведено в широкому діапазоні температурного перепаду мастила і води, наочно довели надійність, ефективність процесів захисту та боротьби із накипом та біообростанням на робочих поверхнях труб та обладнанні і забезпечують екологічну безпеку водних об'єктів.

Ключові слова: пластинчастий теплообмінний апарат, прилад імпульсної високочастотної електромагнітної обробки води, теплоелектростанції, атомні станції, системи оборотного водопостачання.

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДГОТОВКОЙ ВОДЫ
В СИСТЕМАХ ОБОРОТНОГО ТЕПЛОВОДОСНАБЖЕНИЯ
Кюрчев В. М., Мовчан С. И., Бережецкий А. В., Андрианов А. А.**

Аннотация.

В промышленных условиях апробирован прибор «Hydroflow Industrial (test)» на пластинчатом теплообменнике паросилового цеха центральной компрессорной станции АО «Запорожжябразив», который в широком диапазоне температурного перепада масла и воды доказал надежность, эффективность и продолжительность процессов защиты и борьбы с накипью и биообрастанием на рабочих поверхностях труб и оборудования.

Принцип действия прибора обработки воды в теплообменных аппаратах базируется на применении подобранного, установленного, контролируемого и обслуживаемого прибора импульсной высокочастотной электромагнитной обработки воды, неинтрузивно (извне, без нарушения сплошности трубы или изделия) монтируется на трубу непосредственно перед входом охлаждающей воды в испытательный объект и подключается к электрической сети переменного тока напряжением 220В.

Полученные результаты испытаний прибора импульсного высокочастотной электромагнитной обработки воды, проведенные в широком диапазоне



температурного перепада масла и воды, наглядно доказали надежность, эффективность процессов защиты и борьбы с накипью и биообрастанием на рабочих поверхностях труб и оборудования, обеспечивающих экологическую безопасность водных объектов.

Ключевые слова: пластинчатый теплообменный аппарат, прибор импульсной высокочастотной электромагнитной обработка воды, теплоэлектростанций, атомные станции, системы оборотного водоснабжения.

ENVIRONMENTAL SECURITY WATER OBJECTS ELECTRONIC WATER PREPARATION IN REVERSE HEAT SUPPLY SYSTEMS

Kyurchev V. M., Movchan S. I., Berezheczkyi O. V., Andrianov O. A.

Summary

Thermal and energy supply systems that use water and other heat carriers play an important role in the country's water management system, especially in district heating systems. The rational use of water and water resources in energy supply systems is an important component not only from the technical side but also from the ecological and economic one. At the same time, reducing the use of water helps to increase the life of technological equipment, reduce the use of water and reduce the costs associated with the operation of circulating water systems.

The most comprehensive and interrelated solution of the problems identified in the system of circulating water supply to the enterprises of the heat engineering and heat power industries determines the relevance of the chosen direction of research conducted in the industrial conditions of PJSC "Zaporizhzhia Abrasive Plant" (Zaporizhzhia). Hydroflow Industrial (test) impulse high-frequency electromagnetic water treatment device, which has high reliability, efficiency and long duration in the process of protection and control of scale and biofouling on working metal surfaces of pipelines and equipment of enterprises of the enterprises of the enterprises, has been tested on the operating technological equipment.

The results obtained as a result of industrial testing of the pulse high-frequency electromagnetic water treatment device clearly demonstrate the significant advantages of using this method of preparation of water in the district heating systems using the device. Further development in the development of technology for the preparation and use of water in the thermal engineering and thermal power industries is the simplicity, reliability and efficiency of water preparation in the systems of circulating heat supply.

Key words: plate parts, heat treatment apparatus, impulse of high-frequency high-frequency electromagnet water treatment, heat and power plants, atomic stations, systems of reverse water treatment, carbonate and biological processes, biological systems.



УДК 631.512

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-2

ДОСЛІДЖЕННЯ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ БОРОНОЮ З ҐВИНТОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Пастушенко С. І., д.т.н.

ORCID: 0000-0002-1996-3558

Клендій М. Б., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-8271-5381

Клендій М. І.

ORCID: 0000-0003-0762-7992

e-mail: klendiy@ukr.net

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»

Постановка проблеми. Ґрунтообробні робочі органи сільськогосподарських машин створюють необхідні умови для інтенсивного росту і розвитку рослини: у зв'язку з обробіткою ґрунту полегшується доступ кисню і вологи у ґрунт, коренева система швидше розвивається і тим самим рослиною інтенсивно засвоюються макро- та мікроелементи з ґрунту, що веде до швидшого розвитку рослини і, як результат, потенціал біологічного врожаю зростає. Похідними від підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки є врожайність (забезпечення потреб рослин в цілому) і собівартість продукції (витрати паливно-мастильних матеріалів, продуктивність, затрати робочого часу).

Актуальним постає питання зменшення собівартості виконання технологічних операцій при збереженні продуктивності роботи сільськогосподарської техніки та якості їх виконання. Тому актуальним є створення нових сільськогосподарських машин, їх робочих органів та проведення відповідних досліджень і розроблення рекомендацій для ефективного вирощування продукції рослинництва.

Аналіз останніх досліджень. Для обертання і кришіння ґрунту, перерізання пожнивних решток, перемішування їх із ґрунтом використовуються сферичні ґрунтообробні диски [1–3]. Від відстані між дисками, їх конструктивних параметрів і кутів установки залежить форма профілю обробленої смуги ґрунту та висота гребенів. Диск встановлюють так, щоб між площиною розташування леза (крайки диска) і напрямком руху агрегату був певний кут атаки. Для покращення перемішування диск відхиляють ще й у вертикальній площині, тому кожен диск має індивідуальне кріплення осі обертання до рами. Якщо застосувати гвинтову поверхню, то можна очікувати

аналогічні результати роботи, але її можна кріпити на спільному валу, подібно до батареї дисків луцильника.

Для поверхневого обробітку ґрунту широко застосовують дискові робочі органи. Проектування і розрахунок дискових ґрунтообробних знарядь ґрунтово розкрив П. М. Заїка [4]. Також розроблено аналітичну модель установки ґрунтообробних сферичних дисків для визначення геометричних та технологічних характеристик [5]. У працях більш вузького спрямування досліджуються різні аспекти покращення якості обробітку ґрунту такими знаряддями [6–9]. Визначено науковцями і перспективи подальшого вдосконалення дискових та інших ґрунтообробних знарядь [10, 19, 20, 21, 22]. В працях [11,12] теоретично обґрунтовано конструкцію ґрунтообробного знаряддя, в якому, в якості робочих органів використано гвинтові поверхні із відсіку розгортного гелікоїда.

Формулювання мети статті. Встановлення впливу на агротехнологічні показники якості обробітку ґрунту роботи борони з гвинтовими робочими органами.



Рис. 1. Загальний вигляд гвинтового робочого органу



Рис. 2. Загальний вигляд експериментального взірця борони з гвинтовими робочими органами



Основна частина. На основі теоретично одержаних конструктивних параметрів витків гелікоїда, було розроблено конструкцію і виготовлено гвинтові робочі органи борони, конструкцію яких показано на рис. 1, а також експериментальний варіант борони з гвинтовими робочими органами (рис. 2) [11, 12]. В таблиці 1 представлено технічну характеристику борони з гвинтовими робочими органами.

Таблиця 1 – Технічна характеристика борони з гвинтовими робочими органами

Параметр	Значення
Конструктивна ширина захвату, м	1,3
Необхідна потужність трактора, к.с.	від 40
Агрегатування з трактором	начіпне
Маса, кг	172
Кількість витків гелікоїда, шт	10
Зовнішній діаметр гелікоїда, мм	562-570
Глибина обробітку, см	3 - 12
Робоча швидкість, км/год	7...17
Габаритні розміри в транспортному положенні (L x B x H).	2090 x 1430 x 1250

Показники якості обробітку ґрунту визначались, відповідно до [14], по трьох варіантах: контроль-основний – агрофон: стерня зернових; контроль-порівнювальний як базовий варіант обробітку - виконувався стандартними дисками, відповідними до ОСТ23.2.147-85; порівнюваний варіант – обробіток ґрунтообробним знаряддям з пропонуваними гвинтовими робочими органами. Ґрунти дослідіу – сірі опідзолені, як найтипівіші ґрунти Бережанського району, Тернопільської області. Термін виконання – жовтень-листопад 2019 року.

Дослідження показників якості обробітку ґрунту визначенні у відповідності до стандартних методик:

- Техніка сільськогосподарська. Методи визначення умов випробувань: КНД 46.16.02.08-95. Держстандарт України;

- РД.10.4.2-89. Випробування сільськогосподарської техніки. Машини і знаряддя для поверхневого обробітку ґрунту. Програма та методи випробувань. Держстандарт України;

- КНД.46.16.02.-96. Техніка сільськогосподарська. Номенклатура показників якості.

Показники структурного стану ґрунту оцінено за коефіцієнтом структурності K [14]:

$$K = \frac{A_A}{B_A}, \quad (1)$$

де A_A – сума макроагрегатів з розмірами 0,25...10,0 мм;

B_A – сума агрегатів з розміром < 0,25 мм та грудок з розміром > 10 мм.

Значення A_A та B_A визначались методом фракціонування зразків ґрунту у повітряно-сухому стані на установці наведеній на рис. 3 [15] розділенням на фракції: >10; 10...7; 7...5; 5...3; 3...2; 2...1; 1...0,5; 0,5...0,25; <0,25 мм.

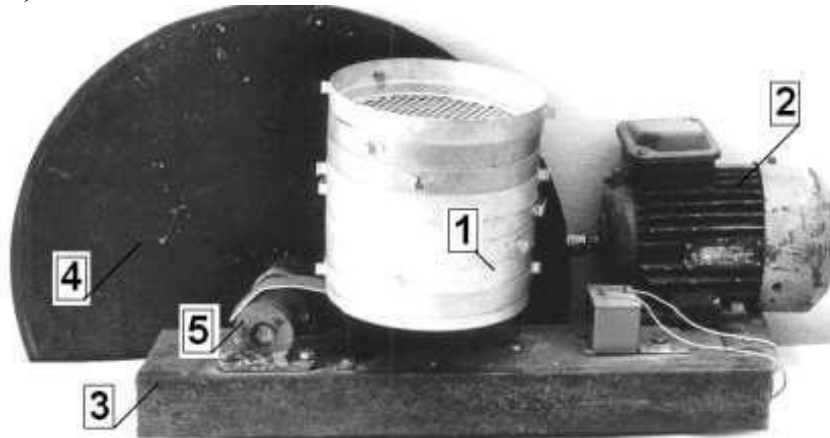


Рис. 3. Установа для визначення структурно-агрегатного складу ґрунту:
1 – набір решіт; 2 – електродвигун; 3 – платформа;
4 – маховик; 5 – кулачковий механізм

У відповідності з ГОСТ 20915-75 за допомогою твердоміру (рис.4) визначена твердість ґрунту P та коефіцієнт об'ємного зминання q як:

$$P = \frac{c y_{cp}}{A_{III}}, \quad (2)$$

де c – жорсткість пружини, Н/м;

y_{cp} – середня ордината діаграми на обраній глибині, м;

A_{III} – площа поперечного перерізу плунжера, м².

$$q = \frac{P_{\Gamma}}{V} = \frac{c Y_A}{A_{III} \lambda_{np}}; \quad (3)$$

де P_{Γ} – сила опору ґрунту, яка відповідає межі пропорційності, Н;

V – об'єм зім'ятого ґрунту, який відповідає межі пропорційності, см³;

Y_A – ордината, що відповідає межі пропорційності, м;

λ_{np} – деформація, що відповідає межі пропорційності, м.

Відбір проб для визначення стану ґрунту проводився за допомогою приладів польової лабораторії Литвинова ПЛЛ-9.

Абсолютна вологість W ґрунту визначалась за формулою:

$$W = \frac{a_b}{b_2} 100\%; \quad (4)$$

де a_b – маса води, що випарувалась, г;
 b_2 – маса абсолютно сухого зразка ґрунту, г.



Рис. 4. Визначення твердості ґрунту за допомогою твердоміру

Щільність ґрунту визначалась за формулою:

$$d_v = \frac{M_{\Gamma}}{V_{\Gamma}}; \quad (5)$$

де M_{Γ} – маса абсолютно сухого ґрунту в певному об'ємі досліджуваного зразка, г;

V_{Γ} – об'єм досліджуваного зразка, $см^3$.

Профільювання поверхні обробленого ґрунту та дна борозни виконувалось за допомогою координатної рейки методом графічного копіювання рельєфу.

Показник розподілення рослинних решток за глибиною обробітки k_r визначався за формулою:

$$k_r = \frac{M_{5...20}}{M_n} 100\%; \quad (6)$$

де M_n – маса рослинних решток на поверхні поля до проходу ґрунтообробного знаряддя;

$M_{5...20}$ – маса рослинних решток в прошарку ґрунту 5...20 см після проходу знаряддя.

Розподіл рослинних решток в прошарках ґрунту 0...5 см, 5..10 см та 10...20 см, визначався відповідно до [16], відмиванням моноліту ґрунту площею 0,1 $м^2$, відповідної товщини, через решета з діаметром



отворів 3,1 мм та 0,25 мм. Відбір монолітів проводився за методом Станкова [16].

Для визначення агротехнологічної ефективності роботи борони з гвинтовими робочими органами були проведені польові випробування ротаційного знаряддя БДН-1,3 та експериментального взірця борони, загальний вигляд якої зображено на рис. 2.

За результатами дослідження структурно-агрегатного складу ґрунту встановлено, що кількість агрегатів ґрунту ($d < 0,25\text{мм}$ і $d > 10\text{мм}$), які не відповідають агрономогам з точки зору ерозійної стійкості, у пропонованому експериментальному варіанті із гвинтовими робочими органами зменшилась на 30,4 %, до фону та на 5,4 % відповідно, до варіанту з дисковою бороною (рис. 5), а коефіцієнт структурності в порівнянні до варіанту з дисковою бороною збільшився на 11,3 %.

Результати порівняльних польових випробувань представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати порівняльних випробувань борони дискової БДН-1,3 та борони з гвинтовими робочими органами

№ п/п	Показники якості обробітку ґрунту	Варіант - агрофон	Варіант - борона дискова	Варіант - борона з ГРО
1.	Значення коефіцієнта структурності	0,94	1,49	1,68
2.	Площа поверхні поля з повним зароблянням рослинних решток, %	-	73	81
3.	Величина опору зминання ґрунту (твердість), кН/м^2	87,4	58,7	49,8
4.	Величина коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту, Н/см^3	1,4	0,7	0,7
5.	Абсолютна вологість ґрунту, %	16,0	15,3	15,6
6.	Щільність ґрунту, г/см^3	1,90	1,26	1,21
7.	Мікрорельєф поверхні поля, см	-	0...5,3	0...5,2

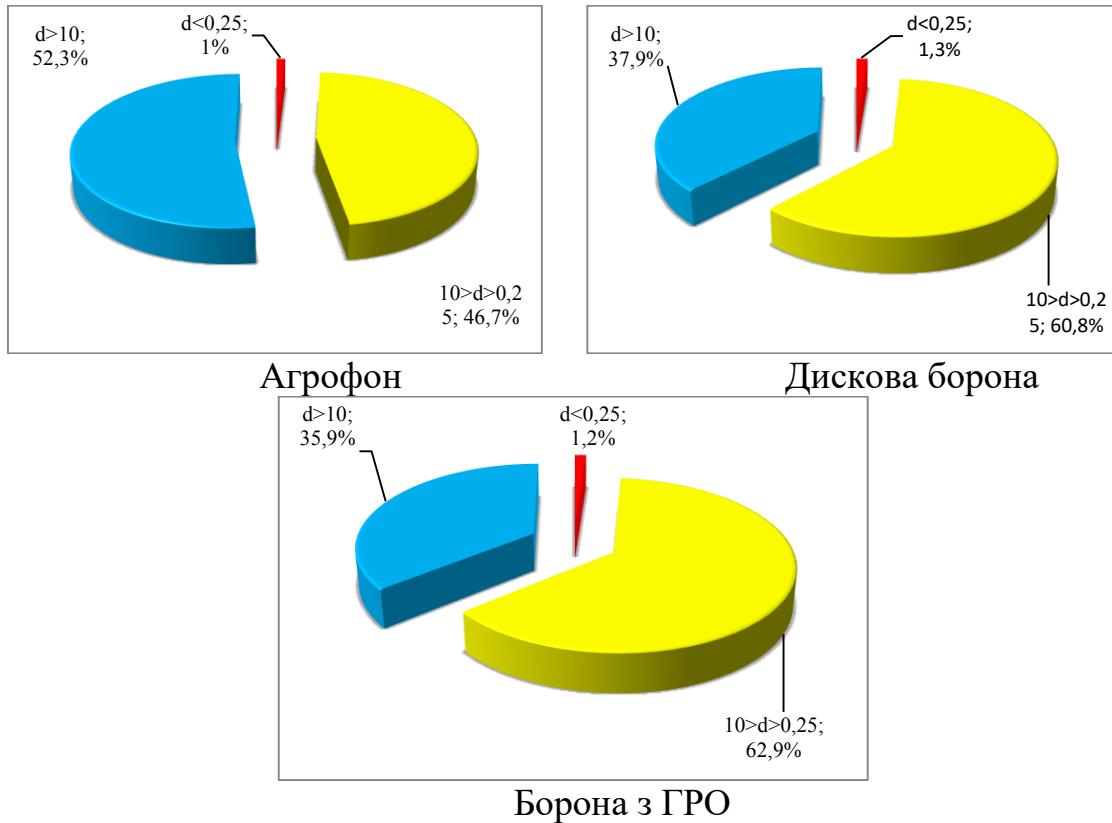


Рис. 5. Розподіл ґрунтових агрегатів за гранулометричним складом у шарі ґрунту 0...20 см.

Попередня оцінка ефективності заробляння рослинних решток виконувалась методом числового аналізу візуальної інформації за допомогою спеціальної комп'ютерної програми [17]. Показник заробляння в порівнянні з варіантом (борона дискова) збільшився в 1,12 разів для схеми (борона з ГРО) пропонованого варіанту (рис. 6).

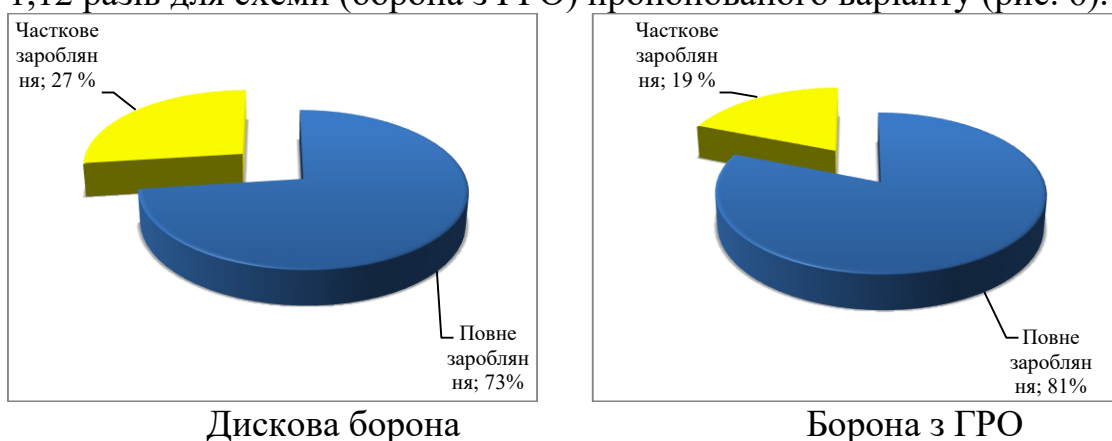


Рис. 6. Показник заробляння рослинних решток

Абсолютна вологість ґрунту у шарі 0...20 см при обробі ґрунтообробним знаряддям з гвинтовими робочими органами в порівнянні з дисковими була вищою на 1,9 % та відповідала агротехнічним вимогам.

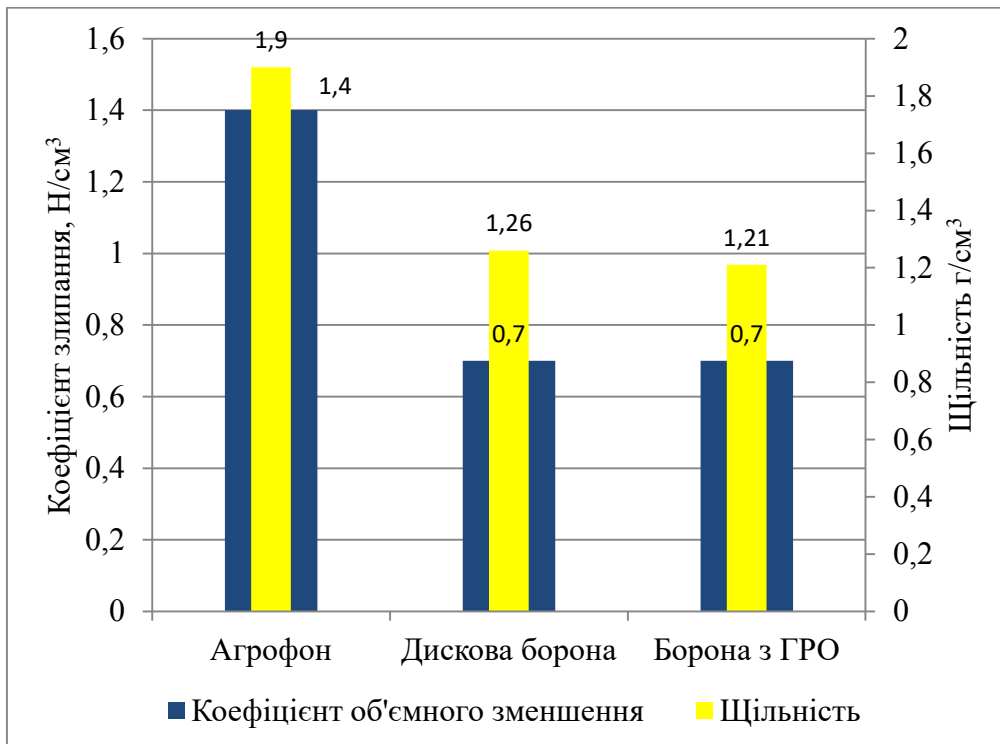


Рис. 7. Показники якості обробітку ґрунту (коефіцієнт об'ємного змінання, щільність)

Щільність обробленого ґрунту знаряддям з пропонованими гвинтовими робочими органами відповідає агровимогам і становить 1,21 г/см³, що на 4,0 % менше ніж для варіанту з дисковою бороною і на 36,3 % менше у порівнянні з агрофоном (рис. 7).

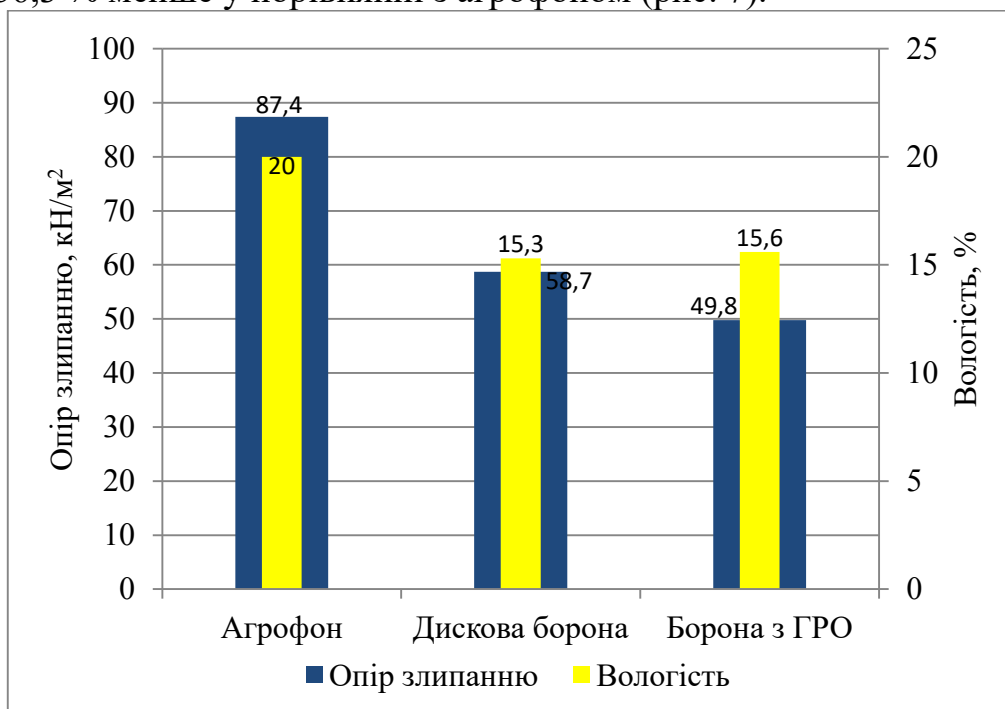


Рис. 8. Показники якості обробітку ґрунту (твердість, вологість)



Встановлено, що при обробітці бороною з гвинтовими робочими органами величина опору зминання ґрунту мінімальна і становить $49,8 \text{ кН/м}^2$, що менше на 15,2 % у порівнянні з обробіткою дисковою бороною та на 43,0 % менше у порівнянні з агрофоном. Коефіцієнт об'ємного зминання пропонованого варіанту на 51,4% менший у порівнянні з фоном (рис. 8) та стандартним значенням, яке варіює в межах $1...2 \text{ Н/см}^3$ (для зораного поля) [18].

Поверхня поля оброблена в 2 сліди (попередник – просапні), пропонованими ротаційними ґрунтообробними органами відповідає вимогам до сівби сільськогосподарських зернових культур без виконання додаткових технологічних переходів.

Висновки. Аналіз, отриманих за результатами виробничої перевірки, показників якості обробітці ґрунту дозволяє зробити висновок про позитивний вплив на структурний та агротехнологічний стан ґрунту гвинтового ґрунтообробного робочого органу, в порівнянні з стандартними ротаційними робочими органами дискової борони.

Список використаних джерел.

1. Стрельбицкий В. Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины. Москва: Машиностроение, 1978. 218 с.
2. Циммерман М. З. Рабочие органы почвообрабатывающих машин. Москва: Машиностроение, 1978. 162 с.
3. Нартов П. С. Дисковые почвообрабатывающие орудия. Воронеж: Издательство ВГУ, 1972. 158 с.
4. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. I (ч.1). Машини та знаряддя для обробітці ґрунту. Харків: Око, 2001. 444 с.
5. Клендїй М. Б., Пилипака С. Ф. Аналітична модель установки ґрунтообробних сферичних дисків для визначення геометричних та технологічних характеристик. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. Вип. 241. С. 140–150.
6. Гриненко О., Лебедєв С. Дослідження коливань дискових ґрунтообробних знарядь. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. Київ, 2011. Вип. 15 (29). С. 50–53.
7. Кириченко А. К. Оценка качества обработки почвы сферическими дисками с индивидуальной подвеской. *Механизация работ в производстве зерна и селекционном процессе*. Москва, 1985. С. 18.
8. Гапоненко О. І. Програмування рівномірності обробітці дисковими робочими органами на пружних стійках. *Збірник наукових*



праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Вінниця, 2012. Вип. 11. С. 135–141.

9. Клендій М. Б., Пилипака С. Ф. Рух частинки по поверхні сферичного ґрунтообробного диска. *Науковий вісник НУБіП України: Серія «Техніка та енергетика АПК»*. 2017. Вип. 258. С. 283–296.

10. Кравчук В. І., Грицишин М. І., Коваль С. М. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В. І. Кравчука. Київ: Аграрна наука, 2004. 396 с.

11. Пилипака С. Ф., Клендій М. Б. Робочий орган із відсіку розгорнутої гвинтової поверхні як альтернатива ґрунтообробним дискам. *Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник наук. праць XVIII Міжнар. наук. конф. (16-18 жовтня 2017 р.)*. Кам'янець-Подільський, 2017. С. 170-174.

12. Борона з гвинтовими робочими органами: пат. 133362 Україна: МПК (2019.01) A01B 25/00). № а 201702099; заявл. 6.03.2017; опубл. 10.03.2019. Бюл. № 7.

13. Pylypaka Serhii, Klendii Mykola, Klendii Oleksandra. Particle motion on the surface of a concave soil-tilling disk. *ACTA POLYTECHNICA, Journal of Advanced Engineering, is a peer-reviewed Open Access scientific journal published by the Czech Technical University (CTU) in Prague*. 2018. Vol. 28. Is. 3. P. 63-73.

14. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416с.

15. Шубенко В. О. Обґрунтування процесу роботи та параметрів кільцевого робочого органу дискової борони: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. Житомир, 2002. 168с.

16. Білявський Ю. А. Агроеологічна ефективність добрив та способів основного обробітку сірих опідзолених ґрунтів в умовах Полісся: автореф. дис. ... канд. наук: 05.05.11. Київ, 2002. 20 с.

17. Шелудченко Б. А., Шубенко В. О., Кухарець С. М. Надійність роботи ґрунтообробного знаряддя з “кільцевими” ротаційними робочими органами за наявності у них технологічних тріщин. *Вісник Державної агроекологічної академії України*. 1999. № 1-2. С. 124-129.

18. Кленин Н. И., Сакун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Москва: Колос, 1980. 671 с.

19. Bulgakov V., Pilipaka S., Adamchuk V. Olt J. Theory of motion of a material point along a plane curve with a constant pressure and velocity. *Agronomy Research, Estonian Agricultural University*. 2014. № 12(3). P. 937–948.

20. Pilipaka S. F., Babka V. N., Zaharova T. N. Forma osi gibkoy neszhimaemoj polosi pri ee tolkanii po naklonnoj sferohovatoj ploskosti s postoyannoju skorostju. *Motrol*. 2013. Vol.15, № 4. S. 198–205.



21. Hevko R. B., Dzyura V. O., Romanovsky R. M. Mathematical model of the pneumatic-screw conveyor screw mechanism operation. *INMATEH: Agricultural engineering*. 2014. Vol. 44, No 3. P. 103-110.

22. Hevko R. B., Zalutskyi S. Z., Tkachenko I. G. Development and investigation of reciprocating screw with flexible helical surface. *INMATEH: Agricultural engineering*. 2015. Vol. 46, No 2. P. 133-138.

ДОСЛІДЖЕННЯ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ БОРОНОЮ З ГВИНТОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

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

Анотація

У статті наведені результати експериментальних досліджень визначення агротехнологічних показників якості обробітку ґрунту (коефіцієнт структурності, твердість ґрунту, щільність ґрунту, вологість ґрунту, показник заробляння) бороною з гвинтовими робочими органами в порівнянні із обробітком стандартною дисковою бороною. Аналіз, отриманих за результатами виробничої перевірки, показників якості обробітку ґрунту дозволяє зробити висновок про позитивний вплив на структурний та агротехнологічний стан ґрунту гвинтового ґрунтообробного робочого органу, в порівнянні з стандартними ротаційними робочими органами дискової борони.

Ключові слова: борона з гвинтовими робочими органами, коефіцієнт структурності, твердість ґрунту, щільність ґрунту, вологість ґрунту, показник заробляння.

ИССЛЕДОВАНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ БОРОНОЙ С ВИНТОВЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Пастушенко С. И., Клендий М. Б., Клендий М. И.

Аннотация

В статье приведены результаты экспериментальных исследований сравнения обработки бороны с винтовыми рабочими органами и стандартной дисковой бороней. Замерялись агротехнологические показатели качества обработки почвы (коэффициент структурности, твердость почвы, плотность почвы, влажность почвы, показатель заделывания).

Результаты исследования структурно-агрегатного состава почвы показали:

— количество агрегатов почвы, не соответствующих агропотребованиям с точки зрения эрозионной устойчивости, в экспериментальном винтовом варианте уменьшилось на 30,4 % к агрофону, и на 5,4 % соответственно, к дисковому варианту;

— коэффициент структурности, по сравнению с вариантом с дисковой бороней, увеличился на 11,3 %;

— показатель по заделыванию растительных остатков увеличился в 1,12 раз для винтовой бороны;



— плотность обработанного грунта винтовыми орудиями соответствует агротребованиям и составляет $1,21 \text{ г/см}^3$, что на 4,0 % меньше чем для дискового варианта;

— величина сопротивления смятию почвы минимальная и составляет $49,8 \text{ кН/м}^2$, что меньше на 15,2 % по сравнению с обработкой дисковой бороной

— коэффициент объемного смятия винтовой бороны на 51,4 % меньше по сравнению с фоном и стандартным значением, которое варьирует в пределах 1...2 Н/см^3 (для вспаханного поля).

Ключевые слова: бороны с винтовыми рабочими органами, коэффициент структурности, твердость почвы, плотность почвы, влажность почвы, показатель заделывания.

RESEARCH OF AGRO-TECHNOLOGICAL INDICATORS OF QUALITY OF TREATMENT OF BRAUNE SOIL WITH SCREW WORKING BODIES

Pastushenko S.I., Klendii M.B., Klendii M.I.

Summary

The tillage working bodies of agricultural machines create the necessary conditions for the intensive growth and development of the plant: due to the cultivation of the soil, the access of oxygen and moisture to the soil is facilitated, the root system develops faster and thereby macro- and microelements from the soil are intensively absorbed, which leads to rapid development plants and, as a result, the potential of the biological crop is growing. The yield from increasing the efficiency of using agricultural machinery is productivity (meeting the needs of plants in general) and production costs (costs of fuels and lubricants, productivity, labor time). This article presents results of experimental researches of harrow with screw working bodies in comparison with standard disk tillage. Based on agrotechnological indices of quality of soil tillage (structural coefficient, soil hardness, soil density, soil moisture, earning index).

The results of the study of structural and aggregate composition of soil, it was found:

— the number of soil aggregates that do not meet the agro-requirements in terms of erosion resistance in the experimental screw harrow version decreased by 30.4%, to agrophone by 5.4%, respectively, to of the disc harrow;

— the structural coefficient, compared to the disc harrow, increased by 11.3%;

— the rate of earning plant residues compared to the disc harrow increased by 1.12 times for the screw harrow;

— the density of the treated soil with screw harrow working bodies meets the agro-requirements and is 1.21 g/cm^3 , which is 4.0% less than for the disc harrow;

— the value of ground clearance is minimal and is 49.8 kN/m^2 , which is less by 15.2% compared to the disc harrow;

— the coefficient of volume variation of the proposed variant is 51.4% lower than the background and standard value, which varies within 1...2 N/cm^3 (for plowed field).

Key words: harrow with screw working bodies, structural coefficient, soil hardness, soil density, soil moisture, earning index.



УДК [621.892.3+662.756]

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-3

ВПЛИВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ НА НАДІЙНІСТЬ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ БІОЛОГІЧНИХ РІДИН

Журавель Д. П., д.т.н.

ORCID: 0000-0002-6100-895X

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного*

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

Постановка проблеми. В процесі експлуатації машин закономірно відбувається зниження показників їх якості (надійності) внаслідок зношування, старіння, перерозподілу напружень, зміни властивостей, чи стану матеріалів, порушення стабільності монтажу, регулювань, мащення [1].

Для підтримання показників надійності на належному рівні виконується комплекс заходів, які включають систематичний контроль і цілеспрямовані дії на попередження відмов і підтримання працездатного стану машин. Особливо актуальним є проблема підвищення ефективності та надійності функціональних систем мобільної техніки при використанні біопаливно-мастильних матеріалів.

Такий комплекс заходів передбачається системою технічного обслуговування і ремонту машин [2-7].

Аналіз останніх досліджень. В проаналізованих наукових роботах наведені основні положення щодо перспективних напрямів наукового забезпечення при експлуатації енергонасиченої техніки на мінеральних паливно-мастильних матеріалах (ПММ) нафтового походження [8-13].

Однак, необхідно розширити дослідження щодо напрямів підвищення надійності машин, як на етапах проектування, випробувань та експлуатації при використанні біологічних рідин.

Особливу увагу слід звернути на розвиток досліджень стосовно детального аналізу напрямів підвищення надійності машин у процесі поточного та агрегатного ремонту і модернізації техніки.

Потребують подальшого розвитку методичні розробки щодо визначення граничних і допустимих розмірів для складних сільськогосподарських машин, а саме: зернозбиральних, бурякозбиральних, кормозбиральних комбайнів та ін., при роботі на біопаливно-мастильних матеріалах [14-18].



Формулювання мети статті. Обґрунтування впливу технічного обслуговування і ремонту на надійність машин при експлуатації на біопаливно-мастильних матеріалах.

Основна частина. Система технічного обслуговування (ТО) та ремонту, за допомогою ремонтно-обслуговуючих впливів, забезпечує справний технічний стан тракторів та їх працездатність протягом всього періоду експлуатації [19-22]. Види ТО, їх періодичність та зміст єдині як для нових, так і капітально відремонтованих тракторів (Таблиця 1).

Таблиця 1 – Види і періодичність технічного обслуговування тракторів

Вид технічного обслуговування	Періодичність або умови проведенні технічного обслуговування
Щозмінне (ЩТО)	8...10 мото-год.
Перше (ТО-1)	125 мото-год.
Друге (ТО-2)	500 мото-год.
Третє (ТО-3)	1000 мото-год.
При обкатці (ТО-О)	Перед початком, в процесі та по завершенні обкатки
Сезонне при переході до весняно-літнього періоду експлуатації (СТО-ВЛ)	При сталій середньодобовій температурі навколишнього повітря вище + 5 °С
Сезонне при переході до осінньо-зимового періоду експлуатації (СТО-ОЗ)	При сталій середньодобовій температурі навколишнього повітря нижче + 5 °С
В особливих умовах експлуатації трактора	В умовах пустелі і піщаних ґрунтів; при тривалих низьких і підвищених температурах; на кам'янистих ґрунтах; в умовах високогір'я; на болотистих ґрунтах
При підготовці до тривалого зберігання	Не пізніше 10 днів з моменту закінчення періоду використання
В процесі тривалого зберігання	Один раз на місяць при зберіганні на відкритих майданчиках і під навісом; один раз в два місяці при зберіганні в закритих приміщеннях
При знятті з тривалого зберігання	За 15 днів до початку використання

Існуюча система періодичності технічних обслуговувань, на прикладі тракторів класу 1,4, передбачає проведення ТО-1 через 125 мото-годин наробітку, ТО-2 через 500 і ТО-3 через 1000 мото-годин.

У випадку, коли наробіток на відмову описується нормальним законом розподілу випадкових величин, ймовірність безвідмовної роботи трактора перед першим технічним обслуговуванням ($t=125$ мото-годин) можна описати залежністю [11]:

$$P_1(t) = 1 - \frac{1}{\sigma_1 \cdot \sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{(t-t_{c1}^-)^2}{2\sigma_1^2}} dt, \quad (1)$$

де t – наробіток трактора, що дорівнює 125 мото-годин;

де t_{c1}^- – середній наробіток на відмову до виконання операцій ТО-1, мото-годин;

σ_1 – середнє квадратичне відхилення наробітку на відмову до виконання операцій ТО-1, мото-годин.

В процесі виконання операції ТО-1 щодо перевірки рівня мастил і рідин і доведення їх до належного рівня, а також виконання регулювальних операцій, ймовірність безвідмовної роботи трактора підвищиться на величину $\Delta P_{TO-1}(t)$ і стане рівною:

$$P_2(t) = 1 - \frac{1}{\sigma_2 \cdot \sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{(t-t_{c2}^-)^2}{2\sigma_2^2}} dt, \quad (2)$$

де t_{c2}^- – середній наробіток на відмову після виконання операцій ТО-1, мото-годин;

σ_2 – середнє квадратичне відхилення наробітку на відмову після виконання операцій ТО-1, мото-годин.

Підвищення ймовірності безвідмовної роботи трактора після ТО-1 складе:

$$\Delta P_{TO-1}(t) = P_1(t) - P_2(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[\frac{1}{\sigma_1} \int_0^t e^{-\frac{(t-t_{c1}^-)^2}{2\sigma_1^2}} dt - \frac{1}{\sigma_2} \int_0^t e^{-\frac{(t-t_{c2}^-)^2}{2\sigma_2^2}} dt \right]. \quad (3)$$

Аналогічно можна доказати і визначення підвищення ймовірності безвідмовної роботи трактора після ТО-2 – $\Delta P_{TO-1}(t)$, та після ТО-3 – $\Delta P_{TO-1}(t)$.

Більш значне підвищення ймовірності безвідмовної роботи трактора після ТО-2 та ТО-3 забезпечується за рахунок виконання регулювальних операцій і перевірки технічного стану всіх механізмів



систем трактора, заміни фільтруючих елементів, проведення повного мащення.

Аналогічні теоретичні викладки можна привести і для інших видів техніки.

Для нових марок машин прогнозу безвідмовність роботи слід оцінювати γ - відсотковим наробітком на відмову, величину якого слід приймати не нижче $\gamma = 0,8$, тобто 80- відсотковим.

Якщо врахувати, що

$$t_{80} = t_c - U_{0,8} \cdot \sigma, \quad \text{а} \quad V = \frac{\sigma_1}{t_1} = \frac{\sigma_2}{t_2}, \quad (4)$$

де $U_{0,8}$ – квантіль нормального розподілу;

V – коефіцієнт варіації наробітку на відмову.

Для ймовірності $\gamma = 0,8$ і $U_{0,8} = 0,841$, формулу (3) для будь-яких випадків проведення ТО можна записати у вигляді:

$$\Delta P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[\frac{1}{\sigma_1} \int_0^{t-0,841\sigma_1} e^{-\frac{(t-t_c)^2}{2\sigma_1^2}} dt - \frac{1}{(1 \cdot t_2)^2} \int_0^{t-0,841 \cdot V t_2} e^{-\frac{(t-t_2)^2}{2(V \cdot t_2)^2}} dt \right]. \quad (5)$$

Для випадків розподілу випадкових величин за законами Вейбулла і логарифмічно нормального залежність (5) запишеться відповідно у вигляді:

$$\Delta P(t) = e^{\frac{t_2^k}{t_2}} - e^{\frac{t_1^k}{t_1}}, \quad (6)$$

$$\Delta P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[\frac{1}{t_2 \sigma \ln t_2} \int_0^{t_2} e^{-\frac{(\ln t_2 - a_{\ln t_2})^2}{2\sigma^2 \ln t_2}} dt - \frac{1}{t_1 \sigma \ln t_1} \int_0^{t_1} e^{-\frac{(\ln t_1 - a_{\ln t_1})^2}{2\sigma^2 \ln t_1}} dt \right]. \quad (7)$$

Наведені теоретичні залежності дозволяють на підставі даних про відмови нової техніки не тільки прогнозувати безвідмовність, а і обґрунтовано призначати періодичність технічних обслуговувань і ремонтів з гарантуванням γ -відсоткового ресурсу роботи техніки в період експлуатації.

Зниження ресурсу функціональних систем сільськогосподарської техніки при роботі на біологічних ПММ пояснюється активною дією метанолів біологічних ПММ на матеріали усіх елементів функціональних систем СГТ, що призводить до руйнування поверхонь і збільшення зносу пар тертя.

Ймовірності безвідмовної роботи сільськогосподарської техніки при роботі на мінеральних і біологічних ПММ наведені на рисунку 1.

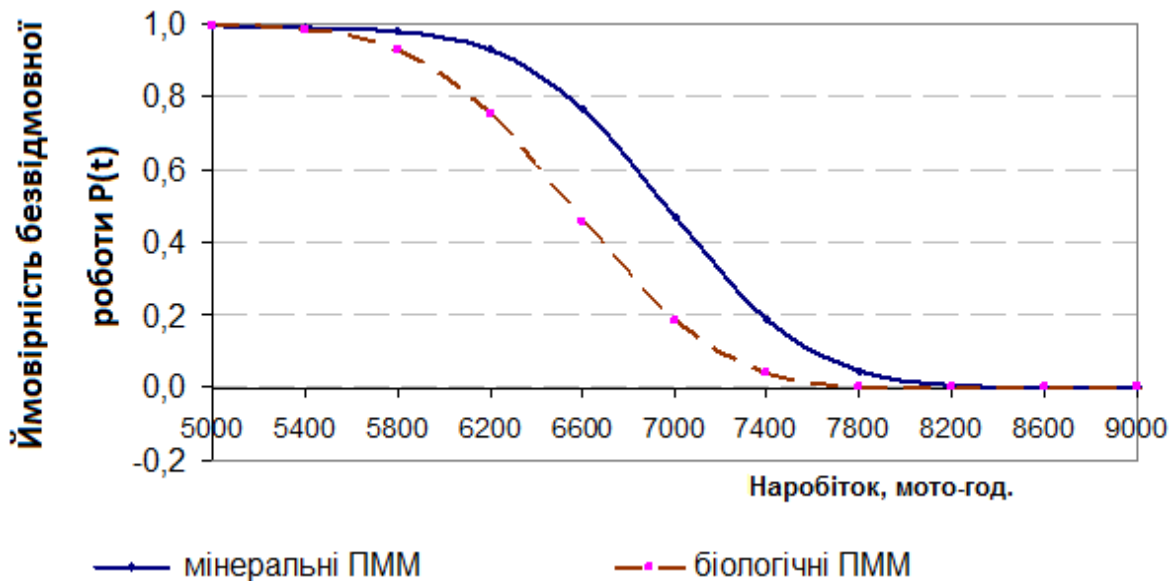


Рис. 1. Ймовірності безвідмовної роботи сільськогосподарської техніки при роботі на мінеральних і біологічних паливно-мастильних матеріалах

Середній ресурс наробітку функціональних систем сільськогосподарської техніки при роботі на мінеральних ПММ складає 15667 мото-годин, а при роботі на біологічних ПММ, складає 14465 мото-год., що дає зниження загального середнього ресурсу, в порівнянні з роботою на мінеральних ПММ, на 7,67 %.

Висновки. При переході на біологічні ПММ трудомісткість ремонтно-обслуговуючих заходів збільшується на 4,5 %, за рахунок збільшення ТО-1 на три і ТО-2 на одне в розрахунку на 6000 мото-годин напрацювання. Зниження ресурсу з 6000 мото-годин до 5360 мото-годин збільшує кількість технічних оглядів до нормованого терміну.

Встановлено, що зниження ресурсу елементів і систем СГТ при роботі на біологічних ПММ пояснюється активним впливом метанолу біодизельного пального і вільних жирних кислот біооливи на матеріали основних елементів дизельного двигуна, системи змащення, гідростатичних і механічних трансмісій, гідросистем. Це призводить до руйнування поверхонь і збільшення зносів деталей трибоспряджень. Падіння ресурсу відбувається через низьку стійкість ущільнюючих елементів, виготовлених із синтетичних каучуків, які активно взаємодіють з вільними жирними кислотами біпаливно-мастильних матеріалів.



Список використаних джерел

1. Антонов А. В., Никулин М. С. Статистические модели в теории надежности: учебное пособие. Москва: Абрис, 2012. 390 с.
2. Войтов В. А., Даценко М. С., Карнаух М. В. Особливості експлуатації паливної апаратури дизелів сільськогосподарського призначення з використанням біологічного палива. *Техніка і технології АПК*. 2010. №1. С. 13-18.
3. Войтов В. А., Даценко М. С., Карнаух М. В. Собівартість виробництва біодизеля на базі метилових ефірів жирних кислот рослинних олив. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка*. Харків, 2010. Вип. 94: Проблеми технічної експлуатації машин. Системотехніка і технології лісового комплексу. С. 270–277.
4. Войтов В. А., Даценко М. С., Карнаух М. В. Техніко-експлуатаційні та екологічні показники дизельних двигунів при застосуванні біодизеля. *Техніка і технології АПК*. 2009. № 1. С. 13-17.
5. Войтюк В. Д. Техніко-технологічний розвиток системи сервісу енергонасиченої сільськогосподарської техніки: дис... докт. техн. наук: 05.05.11. Мелітополь, 2012. 448 с.
6. Девянин С. Н., Марков В. А., Семенов В. Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. Москва: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. 340 с.
7. Журавель Д. П. Методологія оцінки надійності мобільної сільсько-господарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Суми, 2016. Вип. 10/3(31). С.66-71.
8. Журавель Д. П. Підвищення довговічності функціональних систем сільськогосподарської техніки при використанні біопаливно-мастильних матеріалів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК*. Київ, 2018. Вип. 282. С.279-292.
9. Журавель Д. П. Моделювання процесу зношування прецизійних пар паливних систем мобільної техніки при експлуатації на біодизелі. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2018. Вип. 18, т. 2. С. 105-118.
10. Журавель Д. П. Підвищення ефективності використання мобільної сільськогосподарської техніки шляхом забезпечення оптимального складу сумішевих біодизельних паливних. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2018. Вип.8, т. 2. С. 91-107.
11. Молодик М. В. Наукові основи системи технічного



обслуговування і ремонту машин в сільському господарстві. Кіровоград: КОД, 2009.180 с.

12. Candeia, R. A., Silva M. C. D., Carvalho Filho J. R., Brasilino M. G. A., Bicudo T. C., Santos I. M. G., Souza A. G. Influence of soybean biodiesel content on basic properties of biodiesel-diesel blends. *Fuel*. 2009. Vol. 88, Issue 4. P. 738–743. **DOI:** 10.1016 / j.fuel.2008.10.015.

13. Tziourtzioumis D., Demetriades L., Zogou O., Stamatelos A. M. Experimental investigation of the effect of a B70 biodiesel blend on a common-rail passenger car diesel engine. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 2009. Vol. 223, Issue 5. P. 685–701. **DOI:** 10.1243/09544070jauto1094.

14. Lin B.-F., Huang J.-H., Huang D.-Y. Experimental study of the effects of vegetable oil methyl ester on DI diesel engine performance characteristics and pollutant emissions. *Fuel Processing Technology*. 2009. Vol. 88, Issue 9. P. 1779–1785. **DOI:** 10.1016/ j.fuel.2009.04.006

15. Georgogianni K. G. Kontominas M. G., Pomonis P. J., Avlonitis D., Gergis V. Conventional and in situ transesterification of sunflower seed oil for the production of biodiesel. *Fuel Processing Technology*. 2008. Vol. 89, Issue 5. P. 503–509. **DOI:** 10.1016/j.fuproc.2007.10.004.

16. Janakiraman S., Lakshmanan T., Chandran V., Subramani L. Comparative behavior of various nano additives in a DIESEL engine powered by novel Garcinia gummi-gutta biodiesel. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 245. Article 118940.

17. Jayaraman J., Alagu K., Appavu P., Jayaram P., Mariadoss A. Enzymatic production of biodiesel using lipase catalyst and testing of an unmodified compression ignition engine using its blends with diesel. *Renewable Energy*. 2020. Vol.145. P. 399–407.

18. Mohapatra A.K., Senapati A.K., Jha G., Sharma K., Kumar P. Preheating of sunflower blended biodiesel for the improvement of performance characteristics of a DI diesel engine under various loads. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2019. Vol. 8(6). P. 921-926.

19. Tucki K., Mruk R., Orynycz O., Wasiak A., Świć A. Thermodynamic fundamentals for fuel production management. *Sustainability(Switzerland)*. 2019. Vol. 11(16). P. 4449. **DOI.org/10.3390/su11164449.**

20. Ahmed S. A., Zhou S., Zhu Y., (...), Malik A., Huang Y. Numerical and comparative study of butanol and ethanol diesel blends in a turbocharged compression ignition diesel engine. *International Agricultural Engineering Journal*. 2019. Vol. 28(2). P. 19-32.

21. Emima Y., Rajesh M., Rao K. S. Experimental investigation on performance and exhaust emission characteristics of diesel engine using eesame blends with diesel and additive. *International Journal of Recent*



Technology and Engineering. 2019. Vol. 8(1). P. 6-11.

22. Nagy A. L., Knaup J., Zsoldos I. A. friction and wear study of laboratory aged engine oil in the presence of diesel fuel and oxymethylene ether. *Tribology - Materials, Surfaces and Interfaces*. 2019. Vol. 13(1). P. 20-30.

23. Peng D. X. Room temperature tribological performance of biodiesel (soybean oil). *Industrial Lubrication and Tribology*. 2016. Vol. 68(6). P. 617-623.

ВПЛИВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ НА НАДІЙНІСТЬ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ БІОЛОГІЧНИХ РІДИН

Журавель Д. П.

Анотація

Робота присвячена обґрунтуванню впливу технічного обслуговування і ремонту на надійність машин при експлуатації на біологічних паливно-мастильних матеріалах. Результати моделювання свідчать, що при існуючих характеристиках надійності тракторів і співвідношення вартості ремонтів найбільш економічним способом підтримки машини в працездатному стані є поточні профілактичні ремонти з діагностуванням. На підставі проведених досліджень, встановлено, що зниження ресурсу елементів і систем мобільної сільськогосподарської техніки при роботі на біологічних паливно-мастильних матеріалах пояснюється активним впливом метанолу біодизельного пального і вільних жирних кислот біооливи на матеріали основних елементів дизельного двигуна, системи змащення, гідростатичних і механічних трансмісій, гідросистем. Це призводить до руйнування поверхонь і збільшення зносів деталей трибоспряжень. Падіння ресурсу відбувається також через низьку стійкість ущільнюючих елементів, виготовлених із синтетичних каучуків, які активно взаємодіють з вільними жирними кислотами біологічних рідин. Встановлено, що при переході на біологічні паливно-мастильні матеріали трудомісткість ремонтно-обслуговуючих заходів збільшується на 4,5 %, за рахунок збільшення ТО-1 на три обслуговування і ТО-2 на одне обслуговування, при терміні напрацювання - 6000 мото-годин.

Ключові слова – технічне обслуговування, ресурс, надійність, біологічні паливно-мастильні матеріали, ймовірність безвідмовної роботи, знос, працездатний стан.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА НА НАДЕЖНОСТЬ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Журавель Д. П.

Аннотація

Работа посвящена обоснованию влияния технического обслуживания и ремонта на надежность машин при эксплуатации на биотопливо-смазочных материалах. Результаты моделирования показывают, что при существующих характеристиках надежности тракторов соотношение стоимости ремонтов



наиболее экономичным способом поддержки машины в работоспособном состоянии является текущие профилактические ремонты с диагностированием. На основании проведенных исследований установлено, что снижение ресурса элементов и систем мобильной сельскохозяйственной техники при работе на биологических горюче-смазочных материалах объясняется активным влиянием метанола биодизельного горючего и свободных жирных кислот биомасла на материалы основных элементов дизельного двигателя, системы смазки, гидростатических и механических трансмиссий, гидросистем. Это приводит к разрушению поверхностей и увеличению износов деталей трибосопряжений. Падение ресурса происходит также из-за низкой устойчивости уплотнительных элементов, изготовленных из синтетических каучуков, которые активно взаимодействуют со свободными жирными кислотами биологических жидкостей. При переходе на биологические ГСМ трудоемкость ремонтно-обслуживающих мероприятий увеличивается на 4,5 %, за счет увеличения ТО-1 на три и ТО-2 – на одно, в расчете на 6000 мото-часов наработки.

Ключевые слова - техническое обслуживание, ресурс, надежность, биологические топливо-смазочные материалы, вероятность безотказной работы, износ, работоспособное состояние.

INFLUENCE OF MAINTENANCE AND REPAIR ON THE RELIABILITY OF MACHINES AND EQUIPMENT WHEN USING BIOLOGICAL LIQUIDS

D.Zhuravel

Summary

The work is devoted to the justification of the impact of maintenance and repair on the reliability of machines when operating on biofuel-lubricants. The simulation results show that with the existing tractor reliability characteristics and the ratio of the cost of repairs, the most cost-effective way of keeping the machine in working order is ongoing preventive repairs with diagnosis. The so-called "capital repairs" of tractors carried out at repair shops, due to the high cost, are not economically justified. Compared to preventive maintenance, they lead to an increase in total costs with damage from downtime by 24–40%, with an increase in the number of failures by 7–13% and a duration of downtime by 13–42%. In this work, under the repair strategy should be the recovery of the machine through maintenance operations, replacement or simple repair (without the use of sophisticated equipment) of one or more parts. Current repair is considered, which involves the simultaneous elimination of several failures and / or the execution of works aimed at their prevention. In the latter case, such a repair is called current preventive. Based on the studies, it was found that the reduction in the life of elements and systems of mobile agricultural equipment when working on biological fuels and lubricants is explained by the active influence of methanol of biodiesel fuel and bio-free fatty acids on materials of the main elements of a diesel engine, lubrication system, hydrostatic and mechanical transmissions, hydraulic systems.

This leads to the destruction of surfaces and an increase in wear of the parts of the friction units. The fall of the resource is also due to the low stability of sealing elements made of synthetic rubbers, which actively interact with free fatty acids of biological fluids. When switching to biological fuels, the complexity of repair and service measures increases by 4,5% due to the increase of TO-1 for three and TO-2 for one in the calculation of 6000 operating hours.

Key words - maintenance, resource, reliability, biological fuel and lubricants, probability of trouble-free operation, wear and tear, working condition.



УДК 662.763.3.2

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-4

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПОДАЧІ СУБСТРАТУ В МЕТАНТЕНК БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Скляр Р. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-1547-5100

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

e-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. Зростання вартості енергоносіїв стимулює до використання альтернативних відновлюваних джерел енергії [1-4]. За рахунок продукції невеликих агропромислових підприємств, зокрема використовуючи відходи органічного походження в системах виробництва біогазу, можливо частково вирішити цю проблему. Для досягнення високої ефективності роботи метантенків та отримання максимальної кількості біогазу із органічних сільськогосподарських відходів необхідно створити оптимальні технологічні параметри в реакторі [5-7]. Незначне відхилення від оптимальних режимів сприяє загибелі анаеробних бактерій, тобто зупинення або сповільнення процесу ферментації.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження таких вчених, як Кучерука П. П., Ратушняка Г. С., Лялюка О. Г., Кощєєва І. В., Землянки О. О., Губінського М. В., Ткаченка С. Й., Мовсєєва Г. Є. та інш. [3,8-11] показують, що через прискорене застосування відновлюваних джерел енергії і косубстрата техніка для подачі і перемішування набуває особливого значення. При цьому принципово важливо, що обидва ці види техніки повинні бути узгоджені між собою з метою гарантування успішного вироблення біогазу. Косубстрати сьогодні все частіше подають безпосередньо в метантенк. Щоб уникнути високих втрат часу і техніки на подачу субстратів, які не можна перекачувати в метантенк, минувши резервуар попереднього зберігання, за останні роки було розроблено безліч нових способів.

Формулювання мети статті. Проаналізувати існуючі способи подачі субстрату в метантенк біогазової установки для зброджування.

Основна частина. Для подачі твердих субстратів в метантенк біогазової установки існує багато систем і продуктів, які випускаються промисловістю (рис. 1). Вони дозволяють дозувати подачу за вагою через задані інтервали.

Подача твердих субстратів відбувається трьома способами [12,13]: резервуар попереднього зберігання; непряма подача в метантенк; пряма подача в метантенк.

При цьому способи подачі істотно розрізняються між собою за: потужністю; «специфічною» продуктивністю транспортера; використанням електроенергії; вартістю.

Вибір оптимальної техніки для подачі буде залежати не тільки від субстрату і його кількості, вартості, розташування установки тощо, але і від намірів і робочого часу керівника підприємства. Тому, розглянемо детально кожний із способів й зупинимось на їх перевагах і недоліках.

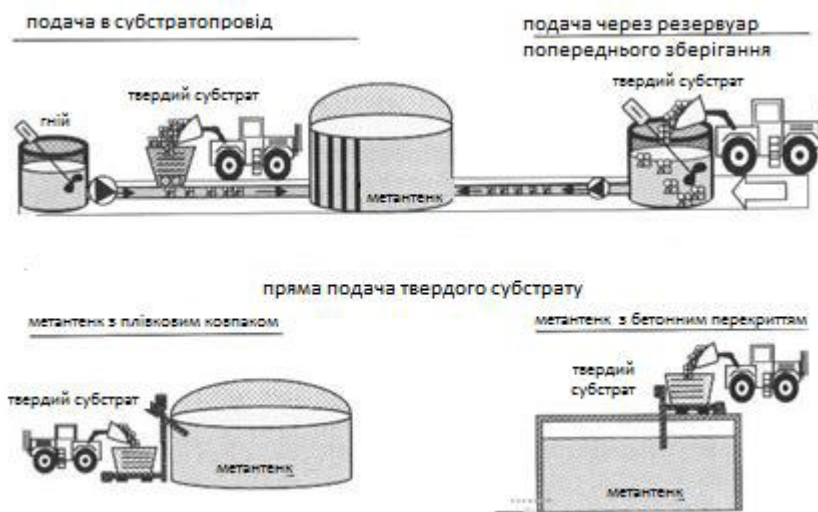


Рис. 1. Способи подачі твердого субстрату в метантенк

Резервуар попереднього зберігання.

Наповнювати котлован або резервуар для гною шляхом прямої подачі стоків з тваринницьких приміщень за допомогою звичайного ухилу вдається важко. Як правило рідкий гній стікає в резервуар попереднього зберігання, звідки він по багато разів на день (чим частіше, тим краще) перекачується в гноєсховище [14]. Таким чином, цей резервуар бере на себе функцію місця тимчасового зберігання, а також для змішування, подрібнення та розведення коферментаційних речовин або твердого гною.

Якщо через резервуар планується пропускати велику кількість гною, тоді варто передбачити його достатній об'єм для зберігання як мінімум протягом 3...5 днів, щоб забезпечити подачу субстрату і на вихідні або святкові дні. Резервуар попереднього зберігання повинен мати ряд властивостей – бути непроникним для гною; газонепроникність, як правило, не потрібна. Проникнення повітря всередину лише прискорить початок першої окислювальної фази – процесу розкладання. З-за цього резервуари часто залишають



непокритими зверху або накривають їх спеціальною кришкою, щоб можна було легко видаляти осад – камені і пісок. У разі необхідності слід також встановити мішалку або міксер. Резервуари попереднього зберігання переважно будують зануреними в ґрунт, для будівництва застосовують шахтні кільця або, якщо мова йде про великі об'єми – їх виливають з монолітного бетону. Циліндрична форма полегшує процеси змішування. Шар для відкачування забирається не з днища, а приблизно на відстані 50 см від нього, це дозволяє вільно осаджувати тверді речовини. У багатьох випадках рекомендується також осад з метантенка зливати в цей резервуар, звідки його можна буде видалити або розчинити великою кількістю води для вивезення на поля.

Резервуар попереднього зберігання часто використовують також для очищення лагуни або накопичувальної біогазової установки, оскільки з неї рідину можна легко перекачати далі або в разі необхідності провести її гомогенізацію [13,15].

У разі застосування центрального насосу для наповнення метантенка [16], а також для гідравлічного прокачування і очищення лагуни, резервуар попереднього зберігання з відповідним об'ємом буде незамінний. Такий резервуар використовується там, де працюють з рідким гноем або кількість доданого твердого субстрату невелика.

Якщо відбувається коферментація великої кількості твердого субстрату, то в резервуар попереднього зберігання слід додавати додаткову (збільшену) кількість рідкої речовини, з метою отримання придатної для прокачування маси. В іншому випадку зростають витрати на прокачування і перемішування, а також переробку цієї маси. Крім того, метантенк повинен регулярно отримувати нову порцію матеріалу (субстрату) для роботи, що буде змушувати будувати більший метантенк або скорочувати час перебування гною в існуючому меншому метантенку. До такого способу роботи з твердим гноем зараз вдаються деякі підприємці, хоча він і має деякі переваги, такі як можливість точного дозування і можливість попереднього зігрівання субстрату з мінімальними втратами на це. Чим вище відсоток вмісту сухої речовини в косубстраті, тим більше робочого часу необхідно буде витратити на його переробку в резервуарі попереднього зберігання.

Між резервуаром попереднього зберігання та метантенком прокладають необігрівану систему, по якій подається подрібнений і гомогенізований субстрат. За допомогою потужної техніки поступово з твердого субстрату і рідини (додається по мірі необхідності) готується гомогенна суміш, яку потім можна тимчасово зберігати у спеціальному резервуарі. Там в умовах температури навколишнього середовища відбувається її окислення. Залежно від консистенції, окислена маса не розшаровується. Після цього рідину можна подавати

безпосередньо у метантенк. Переваги полягають у тому, що заощаджується час і енергія, а шляхом зберігання в окисленому вигляді відбувається більш ефективно розкладання субстрату. Наповнення метантенку можна автоматизувати або залучити інші технології, як, наприклад, гігієнізація. Це також зменшує утворення неприємних запахів протягом літнього періоду. Заздалегідь слід з'ясувати залишається бажана суміш субстратів дійсно гомогенною у метантенку.

Непряма подача в метантенк.

Під цим маються на увазі всі ті процесуально-технічні рішення, які дозволяють вносити тверді субстрати з рідким потоком, переважно безпосередньо в метантенк [13].

- Замивна шахта

При такому способі подачі, твердий субстрат (твердий гній, трава, силосна кукурудза тощо) надходить в шахту, яка веде до метантенку або збоку, або зверху, де і замивається збродженим матеріалом, що перекачується. Такий варіант використовується головним чином на невеликих установках із застосуванням твердих субстратів у невеликій кількості. Проблематичним для таких пристосувань є порційна подача без можливості для накопичення з виникаючими викидами неприємних запахів при замиванні [12].

- Установки для замивання закритого типу

Щоб уникнути негативних супутніх явищ при використанні пристроїв з відкритим замиванням, фірма «Niederlöhner & Quirrenbach» розробила закритий пристрій для замивання з можливістю дозованої подачі. Для цього резервуар попереднього зберігання наповнюють твердими субстратами, після чого закривають кришкою і тільки після цього відбувається замивання. Об'єм може доходити до 10 м³. На сьогоднішній день такі пристрої працюють з 48 інтервалами подачі протягом 24 годин.

- Подача твердих субстратів по трубопроводу під тиском

При цьому в якості транспортувального середовища можна використовувати спеціально відкачаний вміст метантенка або рідину з резервуара попереднього зберігання (рис. 2, а). Такий пристрій фірми «Vogelsang» (рис. 2, б) складається з накопичувального резервуара, з якого твердий субстрат надходить на подвійний транспортувальний шнек з подальшим його подрібненням. У цьому випадку транспортувальне середовище також протікає по шнекам і обладнанню, що подрібнює. На відміну від описаного пристрою, устаткування фірми «Vorger» уникає додавання рідини на стадії дозування. Навпаки, тверді субстрати з накопичувального бункера по подвійному шнеку подачі і подрібнювачу потрапляють у рухоме транспортувальне середовище. Транспортувальні якості твердих

субстратів знижуються по мірі зростання вмісту сухої речовини в середовищі, оскільки воно завжди повинно бути здатне до перекачування (граничний рівень близько $< 12\%$ СР).

Переваги:

- висока продуктивність на всмоктуванні та напорі;
- міцна конструкція, частково поставляється з захистом від зносу;
- підходить для дозування;
- можливе подрібнення за допомогою пристроїв, що розривають, на подавальних шнеках.

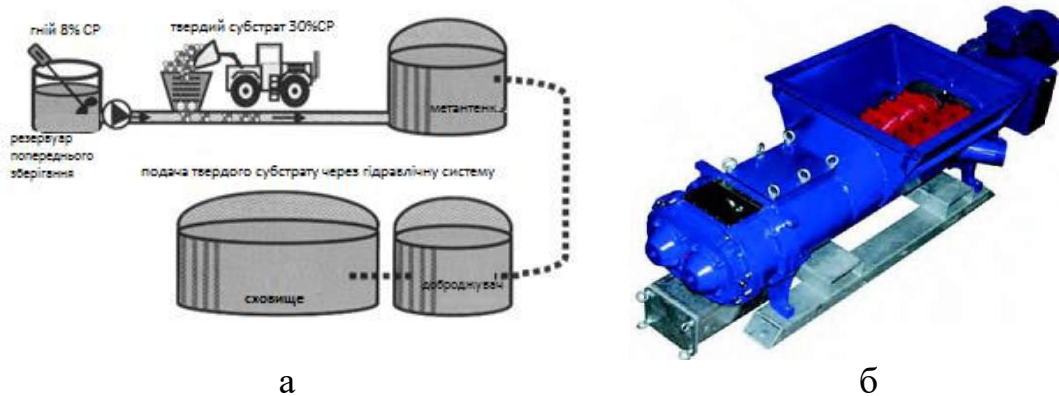


Рис. 2. Схема подачі твердого субстрату: а) гідравлічна система; б) пристрій фірми «Vogelsang»

Недоліки: чутливість до сторонніх предметів (каміння, матеріалів з довгими волокнами, металевих деталей)

Особливості: можливе одночасне подрібнення, перемішування і змішування з рідиною; подача твердих субстратів може реалізовуватися довільно (колісними навантажувачами, транспортерами, через приймальні ємності); подача рідкої фракції окремим насосом.

Пряма подача.

- Шнекові транспортери з накопичувальним бункером

Переважно для невеликих біогазових установок (менш ніж на 100кВт встановленої потужності) використовують звичайні шнекові транспортери з відповідними накопичувальними бункерами (рис. 3) [13]. Вони дозволяють подавати тверді субстрати як в резервуари на рівні землі через низ (напр. розробка фірми «AgriKomp») або у високі резервуари за допомогою відповідної техніки для подачі у метантенк через верх (напр. фірма «Stelzenberger»). Зазвичай розмір таких установок до 10 м³. Якщо біогазова установка більша, то за допомогою невеликих заходів з реструктуризації (збільшення накопичувального бункера) або підключення техніки, що подає, можна збільшити обсяг системи у багато разів.

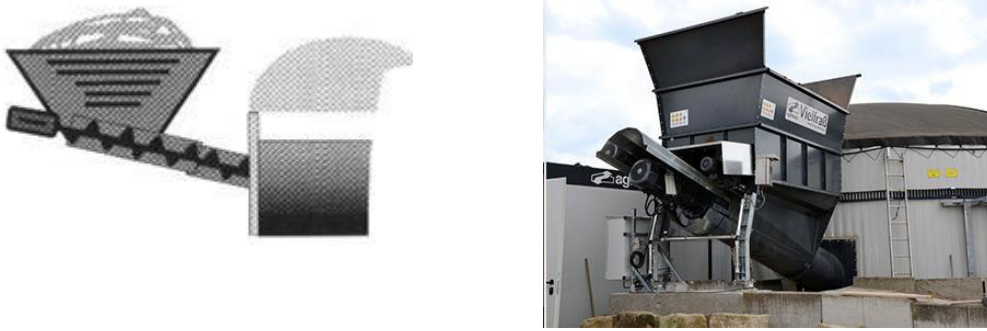


Рис. 3. Шнековий транспортер з накопичувальним бункером фірми «AgriKomp»

- Реконструйовані мішалки для корму

Після того як було встановлено, що подача твердих субстратів відбувається в майже однакових умовах, як і годування ВРХ, стали все частіше використовувати вертикальні і горизонтальні міксери. Ця техніка має перевагу, бо подавальні субстрати можна подрібнювати, а з іншого боку разом зі змішуванням можна проводити якісне дозування (рис. 4). Недоліком є велике споживання електроенергії для окремих компонентів, що змішуються, в першу чергу для вертикальних змішувачів [11]. Якщо навіть споживання енергії в нормальному режимі становить 4 % від використаної потужності, то кожен з приводних двигунів споживає від 20 до 30 кВт. В даний час існують мішалки для резервуарів об'ємом 70 м³.

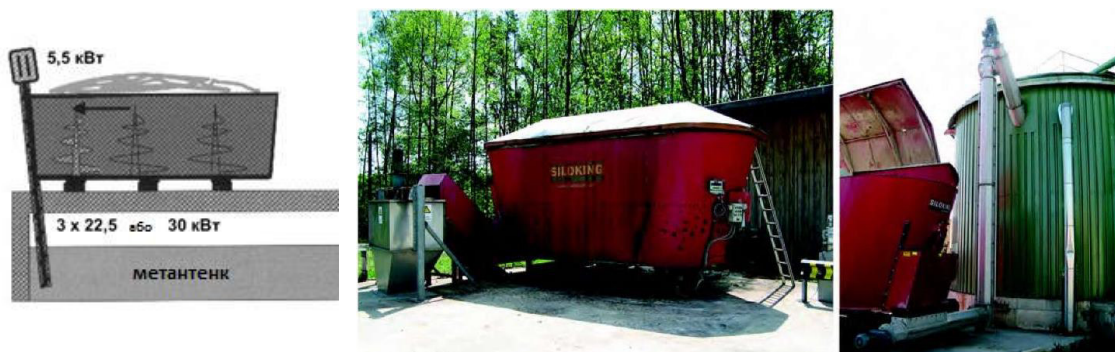


Рис. 4. Реконструйовані кормові міксери

Переваги:

- напрям подачі не має значення;
- автоматизованість;
- з однієї приймальної ємності можуть завантажуватися кілька реакторів (за допомогою висхідного шнека з подальшим поділом на два живильних шнека).

Недоліки:

- знос корпусів шнеків і самих шнеків;

- чутливість до великих каменів і інших сторонніх предметів (в залежності від розміру витків шнека).

Особливості:

- можливість транспортування субстратів з додаванням рідини;
- необхідно запобігти виходу газу крізь шнеки;
- можливе вагове дозування за допомогою шнеків в разі монтажу зважувального обладнання на приймальній ємності;
- місце розташування поруч з реактором;
- висота і об'єм завантаження повинні узгоджуватися з наявною на підприємстві технікою завантаження.

- Дозувальна станція

Різні компанії пропонують дозувальні станції або запозичені з технологій збирання врожаю (напр. фірма «Gossner»), або самостійно розроблені (напр. фірма «ДОМА»). В накопичувальний резервуар подаються різні речовини шахтами і за допомогою відповідних транспортувальних пристроїв (конвеєрна стрічка, ланцюговий конвеєр, товкач) вони далі подаються на забірні пристрої, звідки потрапляють у метантенк (рис. 5) [13].

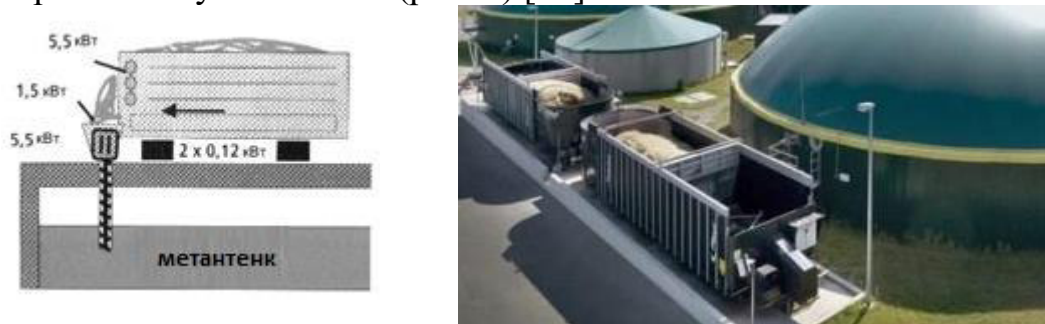


Рис. 5. Дозувальна станція

- Гідравлічні системи завантаження

У той час як всі перераховані вище способи подачі твердих субстратів передбачають подачу з боку або зверху, існує також можливість запресовувати їх в наповнений метантенк за допомогою гідравлічної системи (напр. фірма «PlanEt», фірма «Schauer»). Таке обладнання було розроблено на базі гноєприбиральної техніки (рис. 6). Поршні преса мають гідравлічний привід і відносно несприйнятливі до твердих чужорідних предметів [10]. Перевагою також є те, що подачу в метантенк може бути розділено на безліч невеликих завантажень. подача знизу в резервуар робить можливим, щоб метантенк працював при різних рівнях наповнення. Спеціальні товкачі повинні зберігати герметичність навіть при високому тиску до 60 бар. До цього ще додається те, що всі системи, які подають знизу, повинні мати автоматичний запірний (аварійний) шибер від витікання. Гідравлічний привід, як і відповідна шиберна техніка відносно дорого коштують.



Рис. 6. Гідравлічні системи завантаження спеціальним поршнем фірми «PlanEt»

Переваги:

- майже без запаху;
- точність дозування;
- автоматизованість.

Недоліки:

- небезпека утворення осаду в реакторі через грудкування поданого субстрату, внаслідок цього погіршена доступність для мікроорганізмів в реакторі;
- можливе тільки горизонтальне транспортування субстрату;
- з приймального резервуара субстрат може подаватися тільки в один реактор.

Особливості:

- система подачі повинна бути непроникною для рідини;
- висота і об'єм завантаження повинні узгоджуватися з наявною на підприємстві технікою завантаження;
- рекомендується поділ субстрату в подавальному трубопроводі ножовою рамою (доцільно в зв'язку з небезпекою грудкування)
- місце розташування поруч з реактором;
- можливо вагове дозування за допомогою поршня в разі монтажу зважувального обладнання на приймальній ємності.

Висновки. Таким чином, дослідження показують, що на сьогодні застосовуються різноманітні способи подачі субстрату в метантенк біогазової установки. При виборі оптимальної подавальної техніки необхідно обрати відповідний об'єм системи подачі, а також враховувати місце можливих поломок і важкість їх виправлення; інтенсивність проведення ремонтно-профілактичних робіт; кількість використаної потужності. Серед розглянутих способів подачі найбільше розповсюдження отримали непряма подача твердих субстратів через трубопровід під тиском та пряма подача шнековим транспортером з накопичувальним бункером.



Список використаних джерел.

1. Наске О., Helm M. Biogas von A bis Z. Borsig Energy GmbH, 2001. 47 р.
2. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Аналіз роботи біогазових установок. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. Глеваха, 2019. Вип. 10(109). С. 132-138.
3. Ратушняк Г. С., Джеджула В. В., Анохіна К. В. Энергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання: посібник. Вінниця: ВНТУ, 2010. 170 с.
4. Ковальчук О. В., Зінченко Г. М. Дослідження розкладу органічних відходів з одержанням біогазу та добрив. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. Вінниця, 2009. № 2, т. 7. С. 155-159.
5. Полищук В., Лободко Н., Дубровина О. Влияние режимов метанового сбраживания на эффективность производства биогаза. *MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2013. Vol. 15, No 3. P. 207-220.
6. Skliar A., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. 2014. Vol.16, No 2. P.183-188.
7. Dychko A., Remez N., Opolinskyi I., Kraychuk S., Ostapchuk N., Yevtieieva L. Modelling of two-stage methane digestion with pretreatment of biomass. *Latvian journal of physics and technical sciences*. 2018. № 2. P. 37–44
8. Кучерук П. П. Биогазовые установки в сельском хозяйстве и на станциях очистки сточных вод. Учебный курс: от природного газа к биомассе. Киев: ИТТФ НАНУ, 2009. 25 с.
9. Мовсесов Г. Є., Ляшенко О. О. Основні положення технології біогазового (анаеробного метанового) зброджування органічних відходів: рекомендації. Запоріжжя: ІМТ НААН України, 2010. 29 с.
10. Nizami A. S. , Murphy J. D. What type of digester configurations should be employed to produce biomethane from grass silage? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2010. № 14. P. 1558–1568.
11. de Mes T. Z. D., Stams A. J. M., Reith J. H., Zeeman G. Methane production by anaerobic digestion of wastewater and solid wastes. *Bio-methane & Bio-hydrogen: status and perspectives of biological methane and hydrogen production* / edited by: J. H. Reith, R. H. Wijffels and H. Barten. 2003. P.58–102
URL: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/MES20wastes.pdf (дата звернення 16.03.2020).
12. Гюнтер Л. И., Гольдфарб Л. Л. Метантенки. Москва: Стройиздат, 1991. 128 с.



13. Eder B., Schultz H. Biogas Installations. Fundamentals of Planning. Construction Works. Types of Installations. Economic Validity (Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg Zorg Biogas) Transl. from German. A practical guide. 2008. 268 p.

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

15. Askari M. B., Golestani F., Motraz S., Motamedi M. L. Advantages and Disadvantages of Biogas Energy. *Bulletin of Advanced Scientific Research*: URL: <http://asdpub.com/index.php/basr/search> (дата звернення 27.03.2020).

16. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Аналіз роботи насосів, що використовуються в біогазових установках. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 139-145.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПОДАЧІ СУБСТРАТУ В МЕТАНТЕНК БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Скляр Р. В.

Анотація

В статті проаналізовані основні способи подачі субстрату в метантенк біогазової установки з метою виявлення переваг та недоліків кожного з них. Отримано, що спосіб подачі субстрату за допомогою резервуару для зберігання має наступні особливості: непроникний для гною, працює з рідким гноєм або кількість доданого твердого субстрату невелика; чим вище відсоток вмісту сухої речовини в косубстраті, тим більше робочого часу необхідно буде витратити на його переробку. При аналізі способу непрямой подачі розглянуті варіанти з замивною шахтою, установками для замивання закритого типу та подачею твердих субстратів по трубопроводу під тиском. Особливостями останнього є: можливість одночасного подрібнення, перемішування і змішування з рідиною; подача субстратів може реалізовуватися довільно. Також проаналізовано пряму подачу за допомогою шнекових транспортерів з накопичувальним бункером, реконструйованих мішалок для корму, дозувальних станцій та гідравлічних систем. Особливості такого способу подачі: повинна бути непроникною для рідини (або газу), місце розташування поруч з реактором, можливо вагове дозування.

Ключові слова: біогаз, установка, метантенк, твердий субстрат, резервуар, подача, транспортування, рідина.

АНАЛІЗ СПОСОБОВ ПОДАЧІ СУБСТРАТА В МЕТАНТЕНК БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Скляр Р. В.

Анотація

В статье проанализированы основные способы подачи субстрата в метантенк биогазовой установки с целью выявления преимуществ и недостатков



каждого из них. Получено, что способ подачи субстрата с помощью резервуара для хранения имеет следующие особенности: непроницаемый для навоза, работает с жидким навозом или количество добавленного твердого субстрата небольшое; чем выше процент содержания сухого вещества в косубстрате, тем больше рабочего времени необходимо будет потратить на его переработку. При анализе способа непрямо́й подачи рассмотрены варианты с замывной шахтой, установками для замывания закрытого типа и подачей твердых субстратов по трубопроводу под давлением. Особенности последнего являются: возможность одновременного измельчения, перемешивания и смешивания с жидкостью; подача субстратов может реализовываться произвольно. Также проанализирована прямая подача с помощью шнековых транспортеров с накопительным бункером, реконструированных мешалок для корма, дозирующих станций и гидравлических систем. Особенности такого способа подачи: должна быть непроницаемой для жидкости (или газа), местоположение рядом с реактором, возможно весовое дозирование.

Ключевые слова: биогаз, установка, метантенк, твердый субстрат, резервуар, подача, транспортировка, жидкость.

ANALYSIS OF METHODS FOR SUBMITTING SUBSTRATE INTO THE METHANE OF THE BIOGAS INSTALLATION

Skliar R.

Summary

The article analyzes the main ways of feeding substrate into the digester of a biogas plant with the aim of identifying advantages and disadvantages of each. Justified the choice of the optimum technique for submission will depend not only on the substrate and its quantity, cost, location and the like, but also on the intentions and the working time of the enterprise Manager. Analyzed the method of delivery of substrate via the storage tank and identified the following features of the implementation: impervious to manure, the gas impermeability is not needed, working with liquid manure or the amount of solid substrate added is small, the cylindrical shape facilitates the mixing processes; the higher the percentage of the dry substance in cosubstrate, the more time must be spent on recycling in the pre-tank storage. If there is kofermenta large quantities of solid substrate in the tank pre-storage you need to add additional (increased) number of liquid substances, with the aim of obtaining suitable for mass flow. In the analysis of the indirect way of submission to the digester variants are considered slivnoy mine, facilities for sumivka closed and the flow of solid substrates through the pipeline under pressure. Problematic for samineh mines is the portion of the flow without the possibility for accumulation with resultant emission of odors during zalivani. The main disadvantage of the supply of solid substrates through the pipeline under pressure is the sensitivity of foreign objects (stones, materials with long fiber, metal parts). Latest features are: simultaneous grinding, mixing and mixing with liquid; the flow of solid substrates can be realized arbitrarily; flow liquid fraction separate pump. Also analyzed the direct supply by means of a screw conveyor with storage hopper, rebuilt mixers for feed, metering stations and hydraulic systems. Features of this method of submission: must be impervious to liquid (or gas), location near the reactor, possibly weighted metering and the like.

Key words: biogas, installation, digester, solid substrate, reservoir, feed, transportation, liquid.



УДК 631.6.02:631.51.61

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-5

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИДАТНОСТІ КОРІВ ДО МАШИННОГО ДОЇННЯ ЗА ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ОЗНАКАМИ

Болтянська Н. І.¹, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-7887-4715

Заболотько О. О.², к.т.н.

ORCID: 0000-0002-7887-4231

¹Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного²Національний університет біоресурсів і природокористування
України

e-mail: nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. Розвиток тваринництва в сучасних умовах базується на інтенсивних технологіях з високим рівнем механізації і автоматизації виробничих процесів. Процес технічного переоснащення тваринництва сьогодні набуває абсолютно нове смислове наповнення. В останні роки досить чітко намітилася тенденція переходу від створення техніки для забезпечення існуючих технологій до створення нових технологічних рішень на базі принципово нових машин і устаткування. Значні резерви криються у формуванні комплексного підходу, що враховує всі нюанси і тонкощі механізованих технологій. Тут вкрай важливо забезпечити технологічні прийоми, спрямовані на стимулювання делікатних природних біологічних процесів, які пронизані тонкими нитками взаємозв'язків елементів триєдиної системи: «людина–машина–тварина». Будь-яка дрібниця тут може стати фактором, що визначає кінцевий ефект тривалого і багатогранного процесу [1–4].

Сучасні інформаційні технології дозволяють реалізувати управління виробництвом з урахуванням психології людини, ергономіки, фізіології та етології тварин, особливостей і можливостей техніки. Необхідно забезпечити технологічні прийоми, спрямовані на стимулювання природних біологічних процесів, що реалізуються за своєрідним каталітичним механізмом, який передбачає тонкий, сигнальний вплив на складну детерміновану систему. На сучасному етапі розвитку серед численного ряду галузей молочне скотарство займає провідне місце в забезпеченні продовольчої безпеки України. Молоко, як виключно цінний харчовий продукт, має ключове значення в харчуванні людини, оскільки містить весь спектр поживних речовин, в тому числі і незамінних, необхідних для життя [5–8].



Незважаючи на позитивні тенденції, які намітилися у вирішенні проблеми отримання молока, в стадах залишається значна кількість корів, які за параметрами розвитку молочної залози не в повній мірі придатні до експлуатації в сучасних технологічних умовах. Непридатність корів до машинного доїння зумовлює низьку ефективність використання доїльних установок, що призводить до втрат 1,8–2,3 кг молока від корови за одне доїння [9]. Необхідність вивчення проблеми пристосування організму в промисловому молочному скотарстві пов'язана головним чином з новими і багато в чому незвичайними умовами утримання і годівлі тварин. Відбуваються зміни і перетворення історично сформованих прийомів і методів ведення галузі тваринництва. Під впливом ряду факторів може змінюватися фізіологічний статус тварин, виникати хвороби, так як організм не завжди може пристосуватися до тих чи інших факторів навколишнього середовища, які можуть довільно змінюватися без урахування особливостей їх організму. І, в першу чергу, це стосується машинного доїння різними технічними системами [10–12].

Аналіз останніх досліджень. Питаннями створення спеціалізованих молочних комплексів з виробництва молока, для стабільного забезпечення населення молочними продуктами, де технологія його виробництва, машини і обладнання відповідали б сучасному європейському рівню і забезпечували отримання високоякісного і молока займаються такі вчені: Адамчук В. В., Фененко А. І., Жукорській А. Н., Костенко В. І., Ушаков Ю. А., Карташов Л. П., Колпаков А. В., Корольов А. С., Василівський Г. П., які розробляють нові рішення по організації умов утримання, годівлі, доїння тварин, видалення гною. Однак питання придатності корів до машинного доїння за технологічними ознаками залишається недостатньо вивченими і є актуальними на сучасному етапі розвитку скотарства в Україні [9–14].

Формулювання цілей статті. Проаналізувати технологічні ознаки розвитку вимені корів, що визначають їх придатність до машинного доїння і визначити їх вплив на ефективність доїння.

Основна частина. Дослідження з вивчення впливу технологічних ознак розвитку вимені у корів при доїнні вручну і з допомогою доїльних апаратів показали нерівномірність його функціонального розвитку. Саме цим викликано утворення різної кількості молока і інтенсивності молоковиведення в його частках і так званого «холостого доїння». Це часто служить фактором зниження молочної продуктивності корів, зменшення терміну їх експлуатації, виникнення маститу, передчасної вибраковки, зниження ефективності селекційно-племінної роботи в стадах і завдає значних економічних збитків господарствам [15]. У молочному скотарстві одним з основних



технологічних ознак корів є придатність до машинного доїння, яка визначається наступними показниками: розмір і форма вимені; одночасність видоювання часток вимені; розвиток вимені залозистої тканини; розміри і форма дійок; швидкість виведення молока [16,17].

Тому проведення глибоких і всебічних досліджень з питань функціонування молочної залози і окремих її долей у корів набуває особливого наукового і практичного значення при поліпшенні їх технологічних ознак (тривалість доїння, ємність вимені і його долей, інтенсивність виведення молока, тривалість холостого доїння, тривалість машинного додоювання і його обсяги, повнота видоювання машиною, індекс симетрії) у створюваних нових та покращенні існуючих високопродуктивних молочних стад і поглибленні розуміння проблем теорії лактації. Це буде сприяти розробці теоретичних основ і вдосконаленню автоматизованих доїльних установок та практичних підходів до доїння корів, підвищенню ефективності виробництва молока та селекційно-племінної роботи в молочному скотарстві [18,19].

Класифікацію оцінки стану дійок високопродуктивних корів при їх підборі до машинного доїння здійснюють наступним чином: I категорія (не придатна) – діаметр дійок менше 18 мм, їх довжина – менше 60 мм; II категорія (придатна) – діаметр і довжина дійок вимені знаходяться в межах відповідно 18–36 мм і 60–80 мм; III категорії (не придатна) – діаметр дійок більше 36 мм, довжина – понад 80 мм. Інтерпретацію отриманих даних здійснюють відповідно до табл. 1.

Таблиця 1 – Оцінка придатності високопродуктивних корів до машинного доїння за станом дійок вимені

Категорія	Розміри дійок вимені корови, мм		Придатність корів до машинного доїння
	діаметр дійки	довжина дійки	
I	<18	<60	Не придатна
II	18–36	60–80	Придатна
III	>36	>80	Не придатна

Придатність корів до машинного доїння визначається рівномірністю розвитку долей вимені і кількістю молока, отриманого від них. Кількісним показником рівномірності розвитку долей вимені є індекс вимені. Це об'єктивний показник розвитку і функціонального стану долей вимені, важливий для скорочення тривалості холостого доїння і збереження здоров'я тварини при машинному доїнні. Індекс вимені визначається у відсотках і дорівнює співвідношенню надою з передніх долей до загального надою, помноженому на 100.

Оптимальний індекс вимені відповідає 45–50 %. Але тварини, які містяться на молочних комплексах, мають індекс нижче або вище цього показника. На рис. 1 представлені результати зміни індексу вимені ста тридцяти трьох корів-первісок української чорно-рябої молочної породи.

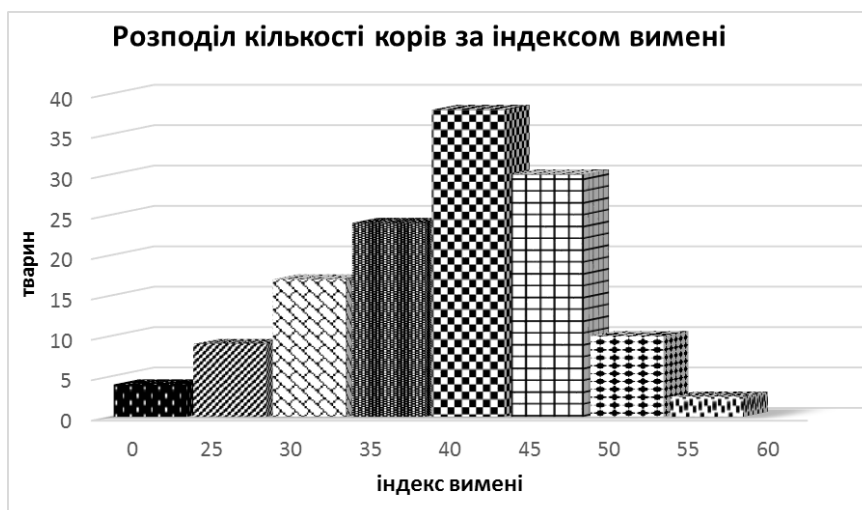


Рис. 1. Розподіл кількості корів за індексом вимені

З наведеного графіка видно, що індекс вимені змінюється в широких межах, при цьому у найбільшій кількості тварин індекс вимені відповідає 40–45 % і лише в 30 тварин знаходиться в межах 45–50 %.

У корів з індексом вимені менше цього діапазону досить розвинені задні доли вимені, а при індексі вимені більше цього діапазону – розвинені передні доли. Всі корови з таким вим'ям малопридатні до машинного доїння, тому, що мають значну диспропорцію долей вимені. Для забезпечення ефективного відбору великої рогатої худоби до машинного доїння на сучасних молочних комплексах піддослідна корова направляється на доїння до доїльного роботу, де в процесі доїння загальний надій та удій з передніх долей вимені фіксується автоматично. На наступному етапі розраховують індекс вимені.

Інтерпретацію отриманих даних здійснюють відповідно до табл. 2. В результаті оцінки корів, у яких індекс вимені склав <45 % слід вважати не придатними до машинного доїння. Корів, яким присвоєно індекс вимені в межах 45–50 % зараховують до придатних до машинного доїння, а якщо індекс вимені корови > 50 % – вона вважається непридатною до машинного доїння.



Таблиця 2 – Визначення придатності корів до промислового використання

Індекс вимені, %	Придатність корів до машинного доїння
<45	Не придатна
45–50	Придатна
>50	Не придатна

Для оцінки відповідності великої рогатої худоби до машинного доїння проводять контрольне доїння корів загального стада з використанням чотириканального поплавково-пневматичного пристрою, який дозволяє графічно реєструвати динаміку виведення молока з кожної долі вимені корови і має автоматичний сигнал моменту його закінчення. Потім визначають середні показники величини разового надою молока, інтенсивність виведення молока, тривалість латентного періоду, фактичного і холостого доїння з розрахунком середнього квадратичного відхилення. На наступному етапі корову, яка оцінюється, піддають того ж контрольного доїння з урахуванням тих же показників продуктивності і зіставляють їх із середнім по стаду. Інтерпретацію отриманих даних здійснюють відповідно до табл. 3.

Таблиця 3 – Значення основних показників при визначенні відповідності великої рогатої худоби до машинного доїння

Показники продуктивності корів	Величина відхилення
Латентний період доїння, хв	0,2
Інтенсивність молоковіддачі, кг/хв	0,4
Величина разового надою молока, кг	0,9
Тривалість доїння, хв	0,7
Холосте доїння, хв	0,2

При відхиленні показників продуктивності корови, яка оцінюється латентним періодом доїння, більше, ніж на 0,2 хв, інтенсивністю молоковіддачі більше, ніж на 0,4 кг/хв, величиною разового удою молока більше, ніж на 0,9 кг, тривалістю доїння більше, ніж на 0,7 хв, холостого доїння – на 0,2 хв від аналогічних середніх по стаду, корову вважають непридатною до застосовуваної технології машинного доїння.

Параметри машинного доїння в значній мірі впливають на молочну продуктивність, швидкість молоковіддачі і якість молока. На доїльних установках, розміщених в спеціальних доїльних залах, використовують системи автоматичного управління з програмованими настройками параметрів процесу доїння. У разі



відсутності автоматизованого управління доїнням параметри регулюються рівнем вакууму, дійковою гумою і режимом роботи пульсатора. На молочно-товарному комплексі корова відразу після отелення доїться на доїльній установці в пологовому відділенні, яка, як правило, не має автоматичного керування, а після переводитися в виробничу групу і продовжує доїтися на автоматизованій установці. Проблема невідповідності параметрів доїння на доїльній установці в пологовому відділенні і на основній доїльній установці в доїльному залі є вельми поширеною на тваринницьких комплексах України і однією з основних причин виникнення маститу у корів в перші тижні лактації.

Висновки. Отже, високу ефективність використання високопродуктивних корів, підвищення їх продуктивності та якості молока можна забезпечити тільки за умови чіткої відповідності тварин машинного доїння, яке передбачає впровадження у виробництво інноваційних технологічних рішень, заснованих на новітніх технологіях обслуговування тварин і раціональної організації виробничих процесів.

Список використаних джерел.

1. Paliy A. P. Innovative approach to determine the teat cup liner tension. *Journal Agrarian Science*. 2016. № 2. p. 116-119.

2. Болтянська Н. І. Обґрунтування технологічних параметрів механічного стимулювання (масажу) вимені високопродуктивних корів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2012. Вип.2. Т. 5. С. 23-30.

3. Boltyanska N. Ways to Improve Structures Gear Pelleting Presses. *ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. Lublin-Rzeszow, 2018. Vol. 18, No 2. P. 23-29.

4. Болтянська Н. І., Комар А. С. Роль інфраструктури сільських територій в розвитку агропромислового комплексу. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжн. наук.-практ. інтернет-конф. (1-24 квіт. 2020 р.)*. Мелітополь, 2020. С. 49-53.

5. Болтянська Н. І., Комар А. С. Організаційно-економічні заходи ресурсозбереження в молочному скотарстві. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: тези міжн. наук.-пр. форуму (21-22 червня 2019 р.)*. Мелітополь, 2019. Ч. 1. С. 36–39.

6. Paliy A. P. Study of the impact of milking systems on the teats of cow udder. *Известия национального аграрного университета Армении*. Ереван, 2017. № 1(57). С. 33–35.



7. Адамчук В. В., Фененко А. И. Этапы развития механизированного производства молока и говядины в Украине. *Молочный бизнес*. 2014. № 2. с.13-16.

8. Карташов Л. П., Ушаков Ю. А., Колпаков А. В., Королев А. С., Панин А. А., Васильевский Г. П. Инженерные методы обеспечения качества молока. *Механизация и энергообеспечение аграрного сектора в сельском хозяйстве*. Глеваха, 2010. Вып. 84. С. 26-29.

9. Сидорчук А. В., Фененко А. И., Рымар Д. А. Научные основы проектного управления развитием молочно-товарных ферм. *Молочный бизнес*. 2009. № 6. С. 23-25.

10. Болтянська Н. І. Оптимізація параметрів стимулюючих дій при виконанні підготовчих операцій доїння. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2011. Вип.11, т. 5. С. 47-51.

11. Boltyansky O. V. Analysis of the main areas of resource conservation in animal husbandry. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2016. Vol. 18, No 13. P. 49-54.

12. Болтянська Н. І. Теоретична оцінка економічної ефективності виробництва молока. *Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві*: матеріали II-ї наук.-техн. конф.(2-6 грудня 2013 р.) Глеваха, 2013. С. 7-10.

13. Скляр О. Г. Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2018. 380 с.

14. Paliy A. P. Influence contamination of the milking equipment on the quality milk. *Sworld Journal (Agriculture)*. 2016. Vol. 09. Iss. j116 (10). P. 3–6.

15. Poikalainen V., Praks J., Veermae I., Kokin E. Infrared temperature patterns of cow's body as an indicator for health control at precisioncattle farming. *Agronomy Research Biosystem Engineering Special*. 2012. Issue 1. P. 187-194.

16. Alejandro M., Romero G., Sabater J. M., Diaz J. R. Infrared thermography as a tool to determine teat tissue changes caused by machine milking in Murciano-Granadina goats. *Livestock Science*. 2014. Sci. 160. P. 178–185.

17. Скляр О. Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник. Мелітополь: Колор Принт, 2012. 720 с.

18. Boltyansky O. V. The development of the pig industry and the competitiveness of its products. *MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2012. Vol. 14, No 3. P. 164-175.

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



ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИДАТНОСТІ КОРІВ ДО МАШИННОГО ДОЇННЯ ЗА ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ОЗНАКАМИ Болтянська Н. І. Заболотько О. О.

Анотація

Придатність корів до машинного доїння визначається рівномірністю розвитку долей вимені і кількістю молока, отриманого від них. Кількісним показником рівномірності розвитку долей вимені є індекс вимені. Це об'єктивний показник розвитку і функціонального стану долей вимені, важливий для скорочення тривалості холостого доїння і збереження здоров'я тварини при машинному доїнні. У статті представлені результати зміни індексу вимені вибірки корів та дані про кількість корів з нерівномірно розвиненими долями вимені. Встановлено, що майже половина стада в тій чи іншій мірі має нерівномірно розвинене вим'я. У статті представлена структура недорозвинених долей у тварин стада, з якої видно, що значна кількість нерівномірно розвинених долей (майже 40 %) знаходиться у задніх долях. Наведені вище дані свідчать про те, що майже половині стада загрожує «сухе доїння» і всі його негативні наслідки. Це пов'язано з багатофакторним характером формування рівномірного розвитку молочної залози, що є як генетичною, так і паратиповою якістю.

Ключові слова – сільське господарство, тваринництво, корова, машинне доїння, придатність, функціональний стан часток вимені.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИГОДНОСТИ КОРОВ К МАШИННОМУ ДОЕНИЮ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ Болтянская Н. И., Заболотько О. А.

Аннотация

Пригодность коров к машинному доению определяется равномерностью развития долей вымени и количеством молока, полученного от них. Количественным показателем равномерности развития долей вымени является индекс вымени. Это объективный показатель развития и функционального состояния долей вымени, важный для сокращения продолжительности холостого доения и сохранения здоровья животного при машинном доении. В статье представлены результаты изменения индекса вымени выборки коров и данные о количестве коров с неравномерно развитыми долями вымени. Установлено, что почти половина стада в той или иной степени имеет неравномерно развитое вымя. В статье представлена структура недоразвитых долей в животных стада, из которой видно, что значительное количество неравномерно развитых долей (почти 40%) находится в задние доли. Приведенные данные свидетельствуют о том, что почти половине стада грозит «сухое доение» и все его негативные последствия.

Ключові слова – сельское хозяйство, животноводство, корова, машинное доение, пригодность, функциональное состояние долей вымени



STUDY OF FITNESS OF COWS FOR MILKING BY TECHNOLOGICAL FEATURES

N. Boltianska, O. Zabolotko

Summary

Dairy cattle breeding at the present stage of development of livestock breeding among a large number of industries occupies a leading place in ensuring food security in Ukraine. The priority task of specialists and scientists engaged in the dairy industry for the stable supply of dairy products to the population is the creation of specialized dairy complexes for the production of milk, where its production technology, machinery and equipment would correspond to the modern European level and ensure high-quality and profitable milk. Machine milking is one of the most complex production processes on dairy farms and industrial complexes. The effectiveness of this process depends on a number of factors related to the physiological state of the animal. This process accounts for about 50% of the total labor costs for servicing cows. Milking machine facilitates the work of operators and increases their productivity several times, allows you to get clean, high quality milk at low cost. But, despite the widespread use of machine milking, it often turns out to be ineffective, leading to a decrease in animal productivity, an udder disease and a deterioration in the quality of milk. The study of the process of mechanical stimulation of the udder and the determination of the dependence of the level of oxytocin and milk yield on the presence of milking stimulation shows that we obtain the following effect from milk pre-milking stimulation before milking for one minute: milk production began immediately at the moment «0». This means that there is no delay in milk transfer between the flow of milk from the tanks of the udder and the flow of milk from the alveoli. Mechanical stimulation of milk transfer contributes to a more complete emptying of the udder and an increase in the productivity of cows, allows stably preparing the udder for milking, and increases the productivity of the milking unit by 10.4 %.

Key words – agriculture, livestock, cow, milking, suitability, functional condition of the udder.



УДК 631.333.92:631.22.018

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-6

ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ПЕРЕМІШУВАННЯ СУБСТРАТУ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Скляр О. Г., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-0456-2479

Скляр Р. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-1547-5100

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. Однією з основних галузей, яка створює значний шкідливий вплив на природне середовище, є тваринницька галузь сільського господарства. Забруднення навколишнього середовища птахівницькими і тваринницькими підприємствами найчастіше відбувається через відсутність або недосконалість застосованих технологій і технічних засобів по переробці відходів, недотримання встановлених екологічних вимог. Дану проблему можна вирішити за допомогою впровадження біогазової технології переробки відходів [1–3].

Ефективність роботи біогазової установки залежить від якості бродіння субстрату та інтенсивності утворення біогазу [1–4]. Перемішування субстрату в біогазовій установці сприяє постійному контакту мікроорганізмів з живильними речовинами, інтенсифікує видалення біогазу і запобігає утворенню кірки на поверхні, що приводить до збільшення утворення біогазу [1,4,5]. З досвіду експлуатації біоенергетичних установок у Німеччині [6,7] відомо, що найбільш частою причиною зниження виходу біогазу є поломка або неефективна робота саме перемішувачів пристроїв.

Аналіз останніх досліджень. Дійсно, для ефективного протікання метаногенеза необхідні оптимальні умови в реакторі [4;8–10]: необхідна температура, відсутність кисню, достатня концентрація поживних речовин, допустимий діапазон значень рН, відсутність або низька концентрація токсичних речовин. Детальний розгляд впливу цих умов на процес метаногенезу представлено в роботах Гофмана, Паркіна і Оуена [11]. Досягнення зазначених умов безпосередньо пов'язане з перемішуванням в метантенку. Таким чином, перемішування є ключовим фактором ефективної роботи установки.

При виборі відповідного способу і методу перемішування потрібно враховувати, що процес зброджування являє собою симбіоз



між різними штамами бактерій, тобто бактерії одного виду можуть мати інший вигляд. Коли спільнота розбивається, процес ферментації буде непродуктивним до того, як утворюється нове співтовариство бактерій, таким чином, занадто часте або тривале і інтенсивне перемішування шкідливо. Рекомендується повільно перемішувати сировину через кожні 4–6 годин [1,4].

Формулювання мети статті. Обґрунтувати спосіб перемішування субстрату для модернізації і запровадження його в конструкції експериментальної біогазової установки.

Основна частина. На сьогодні розрізняють три способи перемішування субстрату в біогазових установках:

- механічний;
- пневматичний;
- гідравлічний.

Механічне перемішування сумішей здійснюється лопатевими, пропелерними, турбінними та спеціальними мішалками [1]. Залежно від способу кріплення лопатей і їх конфігурації в анаеробній біоконверсії зустрічаються різні типи турбінних мішалок. Найбільш простою та одночасно високоефективною є мішалка з прямими радіально розміщеними лопатями. Плоскі лопаті можуть бути нахилені під певним кутом відносно площини обертання мішалки для кращого перемішування субстрату. Пропелерні мішалки вважаються найбільш ефективними в тих випадках, коли необхідно створити значну циркуляцію субстрату в біогазовій установці при мінімальній витраті механічної енергії. Вони виконують цю задачу краще, ніж мішалки іншого типу, наприклад, турбінні. Пропелерні мішалки створюють осьову циркуляцію органічних відходів всередині реактора за рахунок насосного ефекту, тому вони легко піднімають тверді частинки з його днища. Використання дискових та скребкових мішалок в процесах біоконверсії є неефективним, тому майже не застосовується.

До недоліків мішалок з зануреними двигунами і видовженими валами можна віднести: високу енергоємність; значний знос обладнання; складність ремонту; зниження ефективності роботи із-за можливості замулювання і наявності волокнистих матеріалів; недостатнє руйнування плаваючої кірки при певних умовах; наявність рухомих частин перемішувачів знижує їх надійність в роботі; ненадійність герметизації апарату з-за наявності вузла ущільнення валу мішалки і, як наслідок, підвищена вибухонебезпечність. Як правило, механічний пристрій працює періодично і з високими обертами, що призводить до руйнування цілісності метаногенів співтовариства [1,3].



Пневматичне перемішування являє собою біогаз пропущений під надмірним тиском через барботер або трубку, що розташовується в нижній частині реактора. Проблемою таких систем може бути попадання біомаси в газову систему, що можна передбачити шляхом установлення системи клапанів. Цей спосіб дає хороший ефект в тому випадку, якщо зброджувана маса сильно розріджена і на поверхні не утворюється кірка [1,4]. Крім того можливе підігрівання субстрату шляхом подачі пари під тиском, але такий спосіб підвищує вміст вологи в біогазі, для усунення якої при підготовленні газу до використання необхідні додаткові заходи.

Зазначених недоліків позбавлена система гідравлічного перемішування. До очевидних переваг даного способу перемішування відносяться: ефективна робота при наявності волокнистих матеріалів в органічному субстраті; можливість безпосереднього впливу на осад; можливість контролю піноутворення; низьке споживання електроенергії; простота технічного обслуговування.

У таблиці 1 представлені дані щодо впливу способу перемішування на якість і вихід біогазу [3,9].

Таблиця 1 – Вихід біогазу при різних способах перемішування

Спосіб перемішування	Вихід біогазу, л / л/добу	Вихід метану, л / гСР
Відсутність перемішування	0,92	0,19
Механічне перемішування	1,14	0,23
Пневматичне перемішування	1,07	0,21
Гідравлічне перемішування	1,20	0,24

Таким чином, крім експлуатаційних переваг гідравлічне перемішування забезпечує більший вихід біогазу з великим вмістом метану. Гідравлічне перемішування може здійснюватися шляхом природної і примусової циркуляції органічного субстрату.

Природна циркуляція органічного субстрату при гідравлічному перемішуванні.

Найпростішим способом здійснення гідравлічного перемішування є використання всередині метантенка різних перегородок, які утворюють сполучені між собою камери [12].

Процес перемішування органічного субстрату в метантенку може здійснюватися за рахунок різниці тиску в ємності і циркуляційному трубопроводі, яка створюється біогазом, що дозволяє повністю відмовитися від зовнішніх енерговитрат на процес перемішування [13]. Тиск газу, що виділяється, є джерелом енергії для системи перемішування і в двополостних метантенках. Прикладами установок з таким типом гідравлічного перемішування є БЗУ-10 і БЗУ-20 (ТОВ «Сиприс»).

У запатентованій біогазовій установці фірми «VSP-Anlagen» для перемішування також використовується тиск утвореного біогазу [14]. При цьому реактор являє собою бетонну або сталеву ємність з двома оболонками з постійною гравітаційною циркуляцією середовища.

Примусова циркуляція органічного субстрату при гідравлічному перемішуванні.

Циркуляційне перемішування за допомогою насосів застосовують, як правило, при змішуванні рідин в апаратах великого об'єму. Перемішування гідравлічним способом шляхом рециркуляції субстрату здійснюється в метантенках заводу водообробки міста Су-Фолз (Південна Дакота, США) [14]. Найпростіша схема циркуляційного перемішування показана на рис.1.

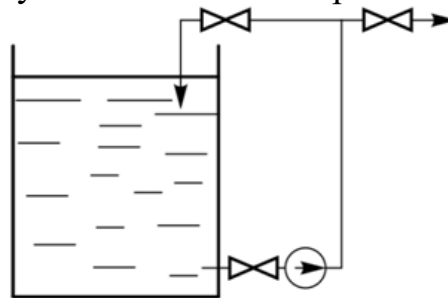


Рис. 1. Схема гідравлічного перемішування

Гідравлічний спосіб перемішування може здійснюватися шляхом циркуляції рідини за допомогою відцентрового насоса, який відкачує рідину з однієї частини об'єму ємності або апарату і подає її під тиском у іншу частину. Рух органічного субстрату може здійснюється по внутрішнім або зовнішнім циркуляційним трубам, або з допомогою ротаційних, радіальних і тангенціальних струменевих апаратів, які жорстко вмонтовані в стіни сховища [1,14].

Гідравлічне перемішування за допомогою циркуляційних труб. Виробництвом і розробкою циркуляційних труб для БГУ займається фірма «Summit Systems & Equipment Pte Ltd» [15]. Такий спосіб гідравлічного перемішування використовується в конструкціях малих біогазових установок [14]. На рис. 2 зображено схему зовнішньої циркуляційної труби [16].

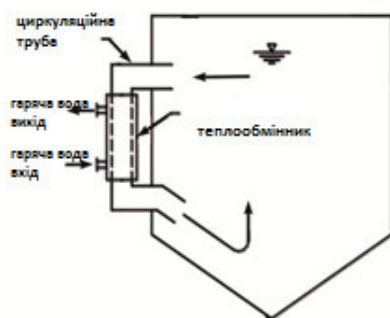


Рис. 2. Система гідравлічного перемішування з зовнішньої трубою



До технологічних переваг даного способу гідравлічного перемішування відносяться: низьке енергоспоживання; можливість зміни напрямку руху органічного субстрату; простота технічного обслуговування; наявність резервних циркуляційних труб. Недоліком є високі капітальні витрати.

Гідравлічне перемішування за допомогою струменевих апаратів. У численних біогазових установках, що побудовані в Німеччині 20 років тому, дуже добре зарекомендувала себе система з рухомим соплом [14]. Гідравлічні системи з нерухомим соплом вимагають, навпаки, ретельного вибору відповідно до розмірів і форми реактора, щоб забезпечувати достатнє перемішування субстрату в усіх зонах реактора. До недоліків такого способу перемішування слід віднести: засмічення сопел; відсутність резервних труб; необхідність подрібнення великих включень; високі енерговитрати.

У таблиці 2 наведені технологічні дані для метантенка фірми «Greeley and Hansen» з різними циркуляційними системами [16].

Таблиця 2 – Технологічні дані метантенка фірми «Greeley and Hansen» з різними циркуляційними системами

Тип гідравлічного перемішування	Енергоспоживання, кВт	Час роботи, хв.
Гідравлічне перемішування за допомогою циркуляційних труб	30,0	33,2
Гідравлічне перемішування за допомогою струменевих апаратів	75,0	343,1

Таким чином, суттєвою перевагою системи гідравлічного перемішування з зовнішніми циркуляційними трубами є економія електроенергії.

Висновки. Таким чином, дослідження показують, що перспективним заходом щодо підвищення енергетичної ефективності технології метанового бродіння є створення модернізованого способу гідравлічного перемішування в метантенку. Це буде сприяти підтримці найбільш сприятливих гідродинамічних і температурних умов для життєдіяльності метаногенів спільноти бактерій протягом усього технологічного процесу, а також більш ефективному використанню об'єму метантенка.

Список використаних джерел.

1. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Аналіз способів та засобів для перемішування субстрату в метантенках біогазових установок. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10, No 4. P. 33-37. DOI: 10.31548/machenergy.2019.04.019-026



2. Brone I., Allen E., Murphy J. Evaluation of the BMP from multiple waste streams for a proposed community scale anaerobic digestion. *Fuel. Kidlington: Elsevier Sci Ltd.* 2011. Vol. 90, No 7. P. 2404 – 2412.

3. Ратушняк Г. С., Джеджула В. В. Інтенсифікація біоконверсії коливальним перемішуванням субстрату: монографія. Вінниця: Універсум-Вінниця, 2008. 117 с.

4. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Методи інтенсифікації процесів метанового зброджування. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету.* Мелітополь, 2014. Вип. 4, т. 1. С. 3-9.

5. Рубан Б. О., Голуб Г. А., Драгнєв С. В., Дубровіна О. В. Основні проблеми створення біогазових установок. *Науковий вісник Національного аграрного університету.* 2004. Вип. 73, ч .1. С. 195-201.

6. Abdel-Hadi M. A. S. A. M. Abd El-Azeem. Effect of heating, mixing and digester type on biogas production from buffalo dung. *Biological Engineering.* 2008. № 25(4). P. 1454-1477.

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

8. Skliar A., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa.* Lublin, 2014. Vol.16, No 2. P.183-188.

9. Kobayakova E. N., Yampilov S. S., Druzyanova V. P. The study of biogas production from fresh cow manure at different temperature modes. *Proceedings of the 10th International scientific conference «European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences».* Vienna, 2016. P.130-135.

10. Болтянський Б. В. Обґрунтування конструктивно-функціональної схеми біореактора – установки для переробки органічних відходів (гною). *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.* Мелітополь, 2015. Вип. 15, т. 3. С.182-188.

11. Гюнтер Л. И., Гольдфарб Л. Л. Метантенки. М.: Стройиздат, 1991. 128 с.

12. Способ анаэробного сбраживания разжиженных органических отходов и метантенк для его осуществления: пат. 2009236 Российская Федерация: МПК6 А01С3/02. № 92009236/13; завл. 01.12.1992; опубл. 27.02.1998.



13. Біореактор: пат. 61816 Україна: C02F 11/04 (2006.01), C02F 3/28 (2006.01). № у 2011 01529. заявл. 10.02.2011; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14.

14. Eder B., Schultz H. Biogas Installations. Fundamentals of Planning. Construction Works. Types of Installations. Economic Validity (Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg Zorg Biogas) Transl. A practical guide. 2008. 268 p.

15. Bond T., Templeton M. History and future of domestic biogas plants in the developing world. *Energy Sustain. Dev.* 2011. P. 347–354.

16. Schaefer R., Gorgan J. Rehabilitation and Optimization of Anaerobic Digester Mixing Systems. *WATERCON*. 2012. March 19. 35 p. URL: <https://cdn.ymaws.com/www.isawwa.org/resource/resmgr/watercon2012-monday-pdf/monbioww300.pdf> (дата звернення 18.03.2020).

ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ПЕРЕМІШУВАННЯ СУБСТРАТУ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Скляр О. Г., Скляр Р. В.

Анотація

В статті обґрунтовано доцільність використання гідравлічного перемішування субстрату для модернізації і запровадження його в конструкції експериментальної біогазової установки. Перелічені недоліки при експлуатації біогазових установок з механічними та пневматичними перемішувачами. Доказано, що крім експлуатаційних переваг гідравлічне перемішування забезпечує більший вихід біогазу з великим вмістом метану. Проаналізовано природню та примусову циркуляцію органічного субстрату при гідравлічному перемішуванні. Остання може здійснюватися шляхом циркуляції рідини за допомогою відцентрового насоса, який відкачує рідину з однієї частини ємності або апарату і подає її під тиском у іншу частину. Рух органічного субстрату може здійснюватися по внутрішнім або зовнішнім циркуляційним трубам, або з допомогою ротаційних, радіальних і тангенціальних струменевих апаратів, які жорстко вмонтовані в стіни сховища. Аналіз показав, що суттєвою перевагою системи гідравлічного перемішування з зовнішніми циркуляційними трубами є економія електроенергії. Отримані результати показують, що перспективним заходом щодо підвищення енергетичної ефективності технології метанового бродіння є розробка модернізованого способу гідравлічного перемішування в метантенку.

Ключові слова: біогаз, установка, метантенк, субстрат, бродіння, перемішування, ефективність.

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ СУБСТРАТА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Скляр А. Г., Скляр Р. В.

Аннотация

В статье обоснована целесообразность использования гидравлического перемешивания субстрата для модернизации и применения его в конструкции экспериментальной биогазовой установки. Перечислены недостатки при



эксплуатации биогазовых установок с механическими и пневматическими перемешивающими устройствами. Доказано, что кроме эксплуатационных преимуществ гидравлическое перемешивание обеспечивает больший выход биогаза с большим содержанием метана. Проанализированы естественная и принудительная циркуляции органического субстрата при гидравлическом перемешивании. Последняя может осуществляться путем циркуляции жидкости с помощью центробежного насоса, который откачивает жидкость из одной части емкости или аппарата и подает ее под давлением в другую часть. Движение органического субстрата может осуществляться по внутренним или внешним циркуляционным трубам, или с помощью ротационных, радиальных и тангенциальных струйных аппаратов, которые жестко встроены в стены хранилища. Анализ показал, что существенным преимуществом системы гидравлического перемешивания с внешними циркуляционными трубами является экономия электроэнергии. Полученные результаты показывают, что перспективным мероприятием по повышению энергетической эффективности технологии метанового брожения является разработка модернизированного способа гидравлического перемешивания в метантенке.

Ключевые слова: биогаз, установка, метантенк, субстрат, брожение, перемешивание, эффективность.

JUSTIFICATION OF THE METHOD OF MIXING SUBSTRATE FOR THE EXPERIMENTAL BIOGASIC INSTALLATION

Skliar A, Skliar R.

Summary

The article substantiates the feasibility of using hydraulic mixing of substrate for the modernization and introduction of it in the construction of pilot biogas plants. These shortcomings in the operation of biogas plants with mechanical or pneumatic mixing devices. Namely, the mechanical device operates periodically and with high turnover, which leads to the destruction of the integrity of the methanogenic population; the main problem of pneumatic systems is penetration of the raw materials in the gas system. The advantages of the hydraulic method of mixing: effective work in the presence of fibrous materials in an organic substrate; direct exposure to sediment and foam control; low energy consumption; easy maintenance. Also, in addition to these advantages this method of mixing provides a greater yield of biogas with a high content of methane. Analyzed natural and forced circulation of the organic substrate in the hydraulic mixing. The latter can be carried out by circulation of fluid through the centrifugal pump, which pumps the liquid from one side of the tank volume or of the apparatus and delivers it under pressure to another part. The movement of the organic substrate may be conducted by internal or external circulation pipes, or using the rotational, radial, and tangential jet devices which are rigidly mounted in the walls of the vault. The analysis showed that the hydraulic mixing with the external circulation pipe has the advantages: low energy consumption; possibility of changing the direction of movement of organic substrates; easy maintenance; the presence of a backup ventilation pipes and disadvantages - high capital costs. The disadvantages of hydraulic mixing, using jet devices include: nozzle clogging; the lack of backup tubes; the need for crushing of large inclusions; the high energy consumption. The results show that the promising measures to increase energy efficiency methane fermentation technology is the development of the modernized way hydraulic mixing in the digester.

Key words: biogas, installation, methane tank, substrate, fermentation, mixing, efficiency.



УДК 636.083.1

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-7

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОЗКИДАЧА ПІДСТИЛКИ

Болтянський Б. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-2072-4025

Дереза С. В., ст. викладач

ORCID: 0000-0001-9797-0967

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: borys.boltianskyi@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. Задача підвищення ефективності молочного скотарства вирішується шляхом своєчасного використання досягнень науково-технічного прогресу і, насамперед, науково-обґрунтованого вибору способу утримання корів [1,2]. Результати наукових досліджень та практика свідчать, що найкращих техніко-економічних показників досягають на молочних підприємствах з безприв'язним утриманням корів, яке дозволяє раціонально використовувати техніку, підвищувати продуктивність праці, знижувати собівартість продукції, покращувати фізіологічний стан і відтворювальні функції корів, забезпечувати потокове виробництво молока [3-6].

Низький рівень комфортності стійл (боксів) на вітчизняних фермах обумовлений, в першу чергу, відсутністю технічних засобів для внесення підстилки, які відповідають зоотехнічним і технологічним вимогам щодо механізації і автоматизації цього процесу. На практиці, в більшості випадків, внесення підстилки в стійла (бокси) відбувається вручну і без дотримання названих вимог. А наявне сучасне обладнання для розкидання солом'яної підстилки має значну енерго- і матеріалоємність та суттєвий технологічний недолік – запилення приміщень, що обмежує його використання [7,8].

В умовах зменшення розмірів ферм слід вказати на перспективність розкидачів підстилки з роторним робочим органом, який характеризується невисокими питомими показниками витрат енергії і маси та при роботі використовує фізико-механічні властивості матеріалів. Це дало змогу вирішити й реалізувати на практиці технологію, яка підвищила ефективність використання рослинної сировини у якості підстилки, зменшила витрати праці на етапі розкидання, зменшила захворюваність тварин та покращила умови їх утримання [9,10]. Саме застосування роторного робочого



органу із пальцями різного конструктивного виконання є провідною ідеєю даних досліджень [11].

Аналіз останніх досліджень. Вдосконаленню технологій і технічних засобів внесення органічної підстилки на тваринницьких фермах присвячені наукові роботи В. Р. Альошкіна, А. А. Артюшина, М. Ф. Баранова, В. А. Голікова, А. І. Завражнова, Л. П. Кормановського, Г. М. Кукти, С. В. Мельникова, І. І. Ревенка, П. М. Рощина, В. І. Сироватки, В. Д. Рогового, А. О. Парієва та інших вчених [10-14]. Аналіз результатів наукових досліджень і публікацій підтверджує доцільність продовження вивчення проблеми пошуку найбільш енергоощадного варіанту внесення солом'яної підстилки в зону відпочинку тварин.

Формулювання цілей статті. Розробити програму і методику експериментальних досліджень енергетичних витрат при виконанні технологічного процесу розкидання підстилкового матеріалу на базі запропонованого мобільного агрегату з роторно-пальцевим робочим органом.

Основна частина. Для механізації процесу внесення підстилки в Запорізькому науково-дослідному центрі з механізації тваринництва НААН України розроблено розкидач, який призначений для розкидання солом'яної підстилки при безприв'язно-боксовому утриманні великої рогатої худоби. Експериментальний зразок розкидача для внесення солом'яної підстилки з роторно-пальцевим робочим органом спроектований і виготовлений з комплектом комбінації радіальних і гнутих пальців на роторі [11, 15, 16].

Розкидач солом'яної підстилки, базою якого обрано кормороздавач типу КТУ, призначений для розкидання подрібненої (6-15 см) солом'яної підстилки в стійла (бокси) з максимальним їх покриттям по площині. Конструктивна модель та загальний вид експериментального розкидача підстилки з роторно-пальцевим робочим органом, який агрегується з трактором тягового класу 1.4, наведені на рисунку 1. Робочим органом для внесення підстилки є ротор з чотирма рядами пальців. У першому варіанті – з прямими пальцями, в другому варіанті – з пальцями, частину з яких виконано гнутими під кутом 30° або 45° (рис. 2).

Роторно-пальцевий робочий орган розкидача встановлено у вивантажувальному вікні розкидача над поперечним стрічковим транспортером таким чином, що вивантажувальна маса викидається з транспортера робочим органом перпендикулярно напрямку руху розкидача.

Принцип дії розкидача ґрунтується на механічній подачі солом'яної підстилки із бункера-накопичувача роторно-пальцевим робочим органом, який являє собою обертальний вал із радіально

розташованими рядами пальців. З поперечного транспортеру ротор прямими пальцями одного ряду зчісує солом'яну масу, у тому числі зволожену, і кидає її у розпушеному вигляді на підлогу стійла (боксу).

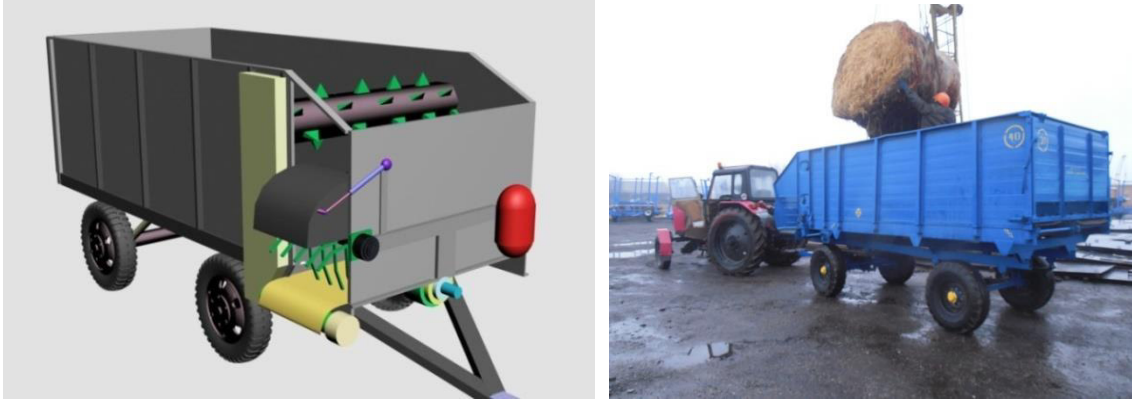
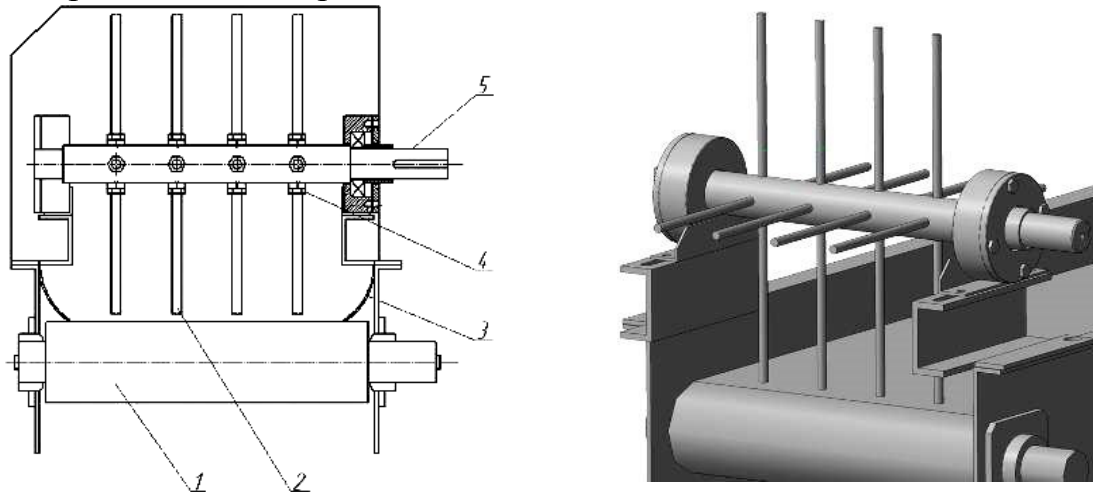


Рис. 1. Конструктивна модель та загальний вид експериментального розкидача солом'яної підстилки



1 – вивантажувальний поперечний транспортер;
2 – пальці; 3 – напрямна;
4 – контрова гайка; 5 – вал роторно-пальцевого органу

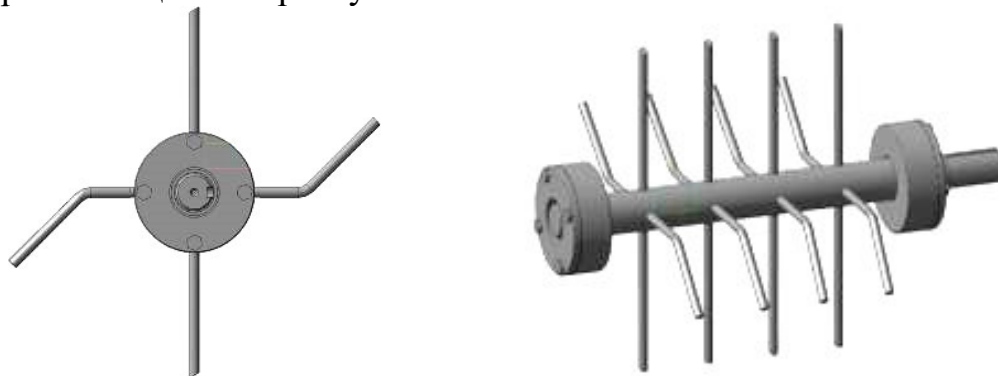


Рис. 2. Конструктивні моделі робочого органу роторно-пальцевого типу



Гнуті пальці ротору, які складені з двох відрізків, розташованих під кутом один до одного, спочатку ущільнюють солом'яну масу, а вже потім кидають її у вигляді ущільненої порції, яка долає більшу відстань за рахунок зменшення опору повітря, ніж попередня розпушена порція солом'яної маси. Таким чином, при незмінній частоті обертання валу ротора, солом'яна маса скидається пальцями ротору на різну відстань, чим досягається розширення смуги розкиданої маси і підвищення рівномірності розкидання підстилки по площині стійла (боксу) [15].

Програмою експериментальних досліджень по енергетичній оцінці розкидача солом'яної підстилки з роторно-пальцевим робочим органом з приводом від ВВП трактора передбачено виконання наступних завдань [20]:

- визначити потужність, споживану на привод роторно-пальцевого робочого органа мобільного розкидача солом'яної підстилки;
- визначити питомі енерговитрати процесу розкидання підстилкового матеріалу.

Методика визначення потужності, споживаної на привод роторно-пальцевого робочого органа мобільного розкидача солом'яної підстилки.

Для машин з приводом робочих органів від ВВП трактора потужність (кВт) розраховують за формулою [20]:

$$N_{ВВП} = 1,047 \cdot 10^{-3} M_{ВВП} \cdot n_{ВВП}, \quad (1)$$

де $M_{ВВП}$ - крутний момент на хвостовику вала відбору потужності трактора, Н·м;

$n_{ВВП}$ - частота обертання хвостовика вала відбору потужності трактора, хв.⁻¹.

Питомі енерговитрати (кДж/кг) причіпної машини (розкидача солом'яної підстилки з роторно-пальцевим робочим органом) обчислюють за формулою [20]:

$$E = \frac{N_M}{W_O} 3,6, \quad (2)$$

де N_M - потужність, споживана розкидачем солом'яної підстилки з роторно-пальцевим робочим органом, кВт;

W_O - продуктивність розкидача солом'яної підстилки з роторно-пальцевим робочим органом, кг/с.

Вимірювані параметри, прилади та обладнання.

Показники енергетичної оцінки визначають за результатами вимірів, отриманих при випробуваннях. На кожному режимі роботи

сільськогосподарської машини або агрегату повинні бути виконані не менше чотирьох вимірів кожної величини, тривалістю не менше 20 с.

Таблиця 1 – Технічна характеристика мобільного розкидача солом'яної підстилки з роторно-пальцевим робочим органом [2]

Мобільний бункерний розкидач підстилки	
Місткість бункера, м ³	10
Робоча швидкість, км/год.	0,4-3,5
Продуктивність, кг/с	до 2,0
Дальність розкидання підстилки, мм	500-2500
Ширина смуги розкидання підстилки (<i>max</i>), мм	3200
Роторно-пальцевий робочий орган	
Кут згину пальців, град.	30-45
Довжина пальців, мм	165-180
Частота обертання, хв. ⁻¹	116-324

При визначенні показників енергетичної оцінки навісних, напівнавісних або причіпних сільськогосподарських машин з приводом робочих органів від валу відбору потужності трактора вимірюють:

- час (тривалість) вимірювання – секундоміром;
- довжину шляху, що пройшов мобільний розкидач солом'яної підстилки за час вимірювання та ширину смуги розкидання – рулеткою (рис. 3) [17-19];
- крутний момент на валу відбору потужності трактора – прохідним струмознімальним ртутно-амольгованим пристроєм (ТРАП) (рис. 4) [20];
- частоту обертання валу робочого органа розкидача та валу відбору потужності трактора – тахометром (рис. 5) [20];
- реєстрацію даних – ПЕОМ та програмне забезпечення Oscill (рис. 6) [20].



Рис. 3. Визначення довжини шляху, що пройшов мобільний розкидач солом'яної підстилки та ширини смуги розкидання



Рис. 4. Визначення крутного моменту на валу відбору потужності трактора



Рис. 5. Визначення частоти обертання валу робочого органа розкидача та валу відбору потужності трактора

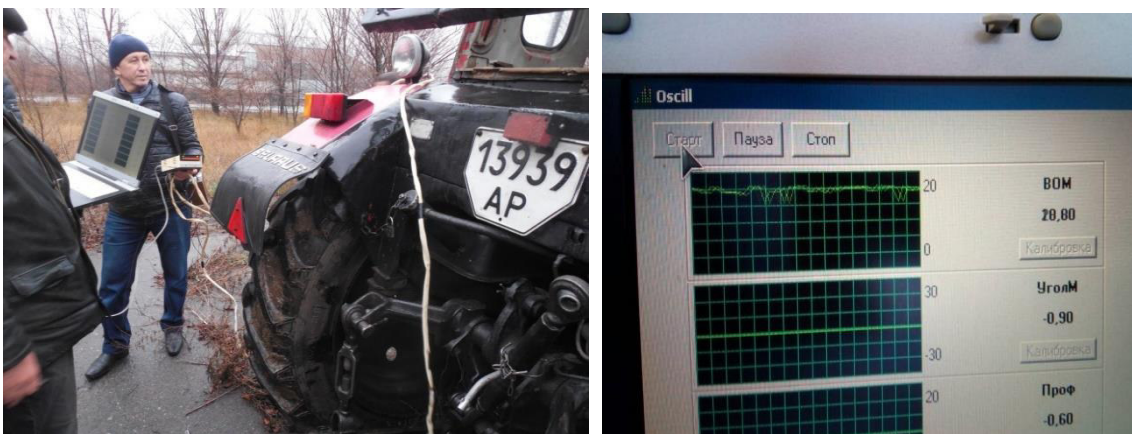


Рис. 6. Реєструюча апаратура, ПЕОМ та програмне забезпечення Oscill

Граничні похибки вимірювань наведені в таблиці 2 [20].

Таблиця 2 – Граничні похибки вимірювань

Найменування показника	Відносна похибка вимірювань
Час вимірювань	$\pm 0,2$ с
Довжина шляху, що пройшла машина	$\pm 1,0\%$
Частота обертання	$\pm 1,0\%$
Крутний момент	$\pm 2,5\%$

Інформація про місце і дату випробувань, умови і режими роботи, марку випробовуваної машини, результати вимірювань реєструються на електронному носії інформації.

Висновки. Запропоновані програма і методика експериментальних досліджень дозволять визначити потужність, споживану на привод робочих органів мобільного розкидача солом'яної підстилки та вплив конструктивно-режимних параметрів роторно-пальцевого робочого органу на енергоємність процесу розкидання підстилкового матеріалу для покриття стійл (боксів) корів.

Список використаних джерел

1. Boltyanska N. Ways to Improve Structures Gear Pelleting Presses. *TEKA. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. Lublin-Rzeszow, 2018. Vol. 18, No 2. P. 23-29.
2. Rogovskii I. Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. *MOTROL. Lublin*. 2016. Vol. 18, No 3. 155-164.
3. Boltyansky O. V. Analysis of the main areas of resource conservation in animal husbandry. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2016. Vol. 18, No 13. P. 49-54.
4. Boltyanska N., Boltyansky O. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol.16, No 2. P. 49-54.
5. Zabolotko O. O. Performance indicators of farm equipment. *Kramar Readings : Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference*. 2017. P. 155-158.
6. Boltyansky O. V. The development of the pig industry and the competitiveness of its products. *MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*, 2012. Vol. 14, No3. P. 164-175.
6. Rogovskii I. Analytical provision of regular preventive maintenance of agricultural machinery and system implementation. *MOTROL*. 2017. Vol. 19, No 3. P. 185-191.
7. Boltyanskaya N. I. Indicators of an estimation of efficiency of application of resources but Gauci technologies in animal husbandry.



Bulletin of Sumy national agrarian University. A series of "Mechanization and automation of production processes". Amount. 2016. Vol. 10/3 (31). P. 118-121.

8. Rogovskii I. Choice of model class and method of modeling the resilience of agricultural machinery. ТЕКА. Lublin–Rzeszów. 2017. Vol. 17, No 3. P.101-114.

9. Boltianska N. Justification of Choice of Heating System for Pigsty. ТЕКА. *An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. Vol. 18, No 1. P. 57–62.

10. Скляр Р. В. *Машины, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти*. К.: Видавничий дім «Кондор», 2019. 608 с.

11. Парієв А. О., Дробишев О. О., Коротченко Т. М. Експериментальний зразок розкидача солом'яної підстилки. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. Кіровоград, 2015. Вип. 45, ч. 1. С. 223-227.

12. Болтянська Н. І., Комар А. С. Організаційно-економічні заходи ресурсозбереження в молочному скотарстві. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: тези міжн. наук.-пр. форуму (21-22 червня 2019 р.)*. Мелітополь, 2019. Ч. 1. С. 36–39.

13. Болтянська Н. І. Умови забезпечення ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь. 2016. Вип. 16, т. 2. С. 153-159.

14. Болтянская Н. И. Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2016. Vol.18, No.13. P.49-54.

15. Шевченко И. А., Париев А. А., Коротченко Т. Н., Луц С. М. Обоснование конструктивно-технологической схемы разбрасывателя подстилки с роторно-пальцевым органом. *Механизация, экологизация и конвертация биоресурсов в животноводстве*. Запорожье, 2012. Вып. 2(10). С. 58-62.

16. Париев А. А., Воронин Л. С., Коротченко Т. Н. Технологическое обоснование использования кормораздатчика-смесителя для измельчения соломы на подстилку для крупного рогатого скота. *Механизация, экологизация и конвертация биоресурсов в животноводстве*. Запорожье, 2012. Вып. 2(10). С. 160-164.

17. Парієв А. О., Дробишев О. О., Коротченко Т. М., Болтянський Б. В. Апробація розкидача підстилки з роторно-пальцевим робочим органом у виробничих умовах. *Науковий вісник*



Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2018. Вип. 8, т. 2. С. 74-81.

18. Париєв А., Болтянский Б., Дробышев О., Коротченко Т. Экспериментальные исследования разбрасывателя подстилки с роторно-пальцевым рабочим органом. *Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol.18, No 1. P. 37-42.

19. Дереза О. О., Болтянский Б. В., Дереза С. В. Обґрунтування експлуатаційно-технологічних параметрів кормороздавального агрегату. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2016. Вип.6, т. 3. С. 65-72.

20. Науково обґрунтувати технологічні процеси і технічні засоби формування комбінованої підстилки для покриття стійл корів з урахуванням їх фізіологічних особливостей: Звіт за науково-дослідною тематикою 04.02.00.02П. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. 21 с.

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОЗКИДАЧА ПІДСТИЛКИ

Болтянский Б. В., Дереза С. В.

Анотація

В статті наведено програму і методику експериментальних досліджень технологічного процесу розкидання підстилкового матеріалу на базі запропонованого мобільного агрегату з роторно-пальцевим робочим органом для покриття стійл (боксів) корів. Програмою експериментальних досліджень по енергетичній оцінці розкидача солом'яної підстилки з роторно-пальцевим робочим органом з приводом від ВВП трактора передбачено виконання наступних завдань: визначити потужність, споживану на привод робочого органа мобільного розкидача; визначити питомі енерговитрати процесу розкидання підстилкового матеріалу. Запропоновані аналітичні залежності для визначення споживаної потужності та питомих енерговитрат. Також наведені вимірювані параметри, прилади та обладнання для проведення експериментальних досліджень. Запропоновані програма і методику експериментальних досліджень дозволять визначити потужність, споживану на привод робочих органів мобільного розкидача та вплив конструктивно-режимних параметрів роторно-пальцевого робочого органу на енергоємність процесу розкидання підстилкового матеріалу.

Ключові слова – програма і методику експериментальних досліджень, розкидач солом'яної підстилки, роторно-пальцевий робочий орган, споживана потужність, питомі енерговитрати.

ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ ПОДСТИЛКИ

Болтянский Б. В., Дереза С. В.

Аннотация

В статье представлены программа и методика экспериментальных исследований технологического процесса разбрасывания подстилочного



материала на базе предложенного мобильного агрегата с роторно-пальцевым рабочим органом для покрытия стойл (боксов) коров. Программой экспериментальных исследований по энергетической оценке разбрасывателя подстилки с роторно-пальцевым рабочим органом с приводом от ВОМ трактора предусмотрено выполнение следующих задач: определить мощность, потребляемую на привод рабочего органа мобильного разбрасывателя; определить удельные энергозатраты процесса разбрасывания подстилочного материала. Предложены аналитические зависимости для определения потребляемой мощности и удельных энергозатрат. Также приведены измеряемые параметры, приборы и оборудование для проведения экспериментальных исследований. Предложенные программа и методика экспериментальных исследований позволят определить мощность, потребляемую на привод рабочих органов разбрасывателя и влияние конструктивно-режимных параметров роторно-пальцевого рабочего органа на энергоемкость процесса разбрасывания подстилочного материала.

Ключевые слова – программа и методика экспериментальных исследований, разбрасыватель соломенной подстилки, роторно-пальцевый рабочий орган, потребляемая мощность, удельные энергозатраты.

PROGRAM AND EXPERIMENTAL RESEARCH METHODOLOGY FOR THE DETERMINATION OF ENERGY INDICATORS OF LITTER SPREADER

B. Boltianskyi, S. Dereza

Summary

The article presents the program and methodology for experimental studies of the technological process of spreading bedding material on the basis of the proposed mobile unit with a rotary-finger working body for covering stalls (boxes) of cows. Theoretical studies were carried out by analyzing the structural-kinematic parameters obtained from the mathematical model of the device for spreading litter material. The results of theoretical studies were processed using a personal computer and the MathCad and Statistica software packages. The program of experimental studies on the energy assessment of a straw litter spreader with a rotary-finger working body driven by a tractor PTO provides the following tasks: determine the power consumed by the rotary-finger working body drive of a mobile straw bed spreader; determine the specific energy consumption of the process of spreading bedding material. Analytical dependences are proposed for determining power consumption and specific energy consumption. Measured parameters, instruments and equipment for experimental research are also given. The proposed program and experimental research methodology will determine the power consumed to drive the working bodies of a mobile straw spreader and the influence of the structural-operational parameters of the rotor-finger working body on the energy consumption of the process of spreading bedding material for covering stalls (boxes) of cows. Experimental studies are planned to be carried out using strain gauge equipment. The experimental data should be processed on a computer using the basics of mathematical statistics and Oscill and Exel software. The purpose of the research is to increase labor productivity, reduce energy costs and improve the quality of the specified technological process.

Key words – program and methodology of experimental research, straw litter spreader, rotary-finger working body, power consumption, specific energy consumption.



УДК 624.01

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-8

ІННОВАЦІЇ СУЧАСНОГО БУДІВНИЦТВА БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ДЛЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ ХЕРСОНЩИНИ

Романенко С. М., ст. викл.

ORCID: 0000-0002-0443-3896

Андрієвська Я. П., ас.

ORCID: 0000-0003-3052-2515

ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»

e-mail: romanesko666@gmail.com

Постановка проблеми. Сучасна практика проектування і будівництва будівель тісно пов'язана з реконструкцією, модернізацією або ремонтом існуючого житлового та виробничого фонду. При цьому для будівель та споруд потрібно підвищення, або відновлення несучої здатності конструкції шляхом їх посилення, як існуючих елементів так і конструкцій повторного використання. До числа найбільш відповідальних конструкцій будівель каркасного типу, що підлягають підсиленню, відносяться стислі елементи - позацентрові навантажені залізобетонні колони. Для підсилення колон існує безліч способів, що відрізняються як по використовуваних матеріалах елементів посилення, так і за способами залучення елементів підсилення в роботу. Вибір того чи іншого способу підсилення визначається на основі техніко-економічного обґрунтування і залежить від архітектурно-планувальних і конструктивних вимог.

Аналіз останніх досліджень. Підсилення залізобетонних конструкцій є актуальною темою як в Україні, так і за її межами. Експериментальні дослідження підсилення залізобетонних колон за допомогою композитних матеріалів, сталевих кілець та попередньо напружених матеріалів проводились зарубіжними науковцями. В Україні питанням підсилення залізобетонних конструкцій займались: Національний університет «Львівська політехніка» - П. Вегера, А. Мурин; Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне - Ю. Ю. Зятюк, С. В. Мельник, Є. М. Бабич; Національний університет водного господарства та природокористування м. Київ - А. М. Бамбура, І. Р. Сазонова, Ю. М. Собко; «Лабораторія ефективних будівельних конструкцій Вінницького національного технічного університету» - О. В. Войцехівський, Д. М. Байда [1-6].



Одним з найбільш ефективним та поширеним способом підсилення залізобетонних колон є спосіб із застосуванням металевої обойми чи металевих розпірок.

Збільшення розмірів підшви фундаментів необхідно при зростанні навантажень, недостатній несучій здатності ґрунтів основи, а також при істотному пошкодженні фундаментів в процесі експлуатації. Ефективними засобами збільшення підшви фундаментів є залізобетонні «сорочки», метод нарощування.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Метою дослідження є обстеження конструкцій будівлі повторного використання для виявлення пошкоджених елементів, формулювання пропозицій щодо підсилення чи заміни цих елементів, розрахунок їх конструктивних параметрів.

Задачі дослідження:

- проаналізувати сучасний стан існуючих способів підсилення і методів розрахунку підсиленних залізобетонних конструкцій;
- знайти оптимальний та ефективний метод підсилення залізобетонної конструкції.

Основна частина. Для вирішення поставлених задач було здійснено комплексне обстеження та обміри будівельних конструкцій повторного використання науково-проектною організацією «Буднаукпроект» згідно з ДСТУ-Н Б В.1.2-18.

Результати проведених досліджень використовувалися при розробці проекту на нове будівництво складу для зберігання сільськогосподарської продукції по вул. Леніна, 50А в с. Великі Копані Олешківського району Херсонської області.

Склад для зберігання сільськогосподарської продукції запроектовано площею 582,5 м² і являє собою одноповерхову будівлю прямокутної форми з габаритними розмірами в плані 24,5 x 25,1 м. Будівля безкранова. Висота до низу кроквяних конструкцій - 7,0 м.

Будівля складу відноситься до I ступеня вогнестійкості.

За умовну позначку 0.000 прийнято рівень чистої підлоги складського приміщення.

Конструктивна схема будівлі - залізобетонний каркас з сіткою колон 6,0 x 12,0 м. Каркас складається з залізобетонних колон двох типів К1 та К2. До складу каркаса входять металеві конструкції торцевого фахверка ТФ-1.

Крок колон крайнього ряду 6,0 м, а середнього ряду 12,0 м.

Зовнішні стіни запроектовані з стінових одношарових панелей з бетонів на пористих заповнювачах (керамзитобетон). В окремих місцях позначених на плані стіни виконуються із силікатної цегли М100 на цементно-піщаному розчині М50.

Покрівля складу - плоска рулонна. Водостік з покриття: зовнішній, неорганізований.

Підлоги в складському приміщенні передбачені - бетонні.

Ворота – металеві розсувні.

Всі залізобетонні елементи каркасу повторного використання підлягають підтвердженню відповідності шляхом сертифікації:

– ригель залізобетонний завдовжки 12,0 м перетином 420x800 (h) мм;

– плити покриття ребристі збірні залізобетонні 1,5x6,0x0,3 (h) м;

– колона К1 двоконсольна прямокутного перетину 300x300 мм;

– колонна К2 прямокутна перетином 600x400 мм.

Колона замонолічена у збірний залізобетонний фундамент стаканного типу, який складається із підколонника зі «стаканом» (фото1 і фото 2).



Фото 1. Загальний вигляд фундаменту



Фото 2. Залізобетонна двоконсольна колонна з фундаментом

В процесі візуального та інструментального обстеження було проведено технічне обстеження та дана загальна оцінка технічного

стану шести залізобетонних колон перерізом 300x300 мм з консолями вильотом 150 мм [7-9].

Схема розміщення колон представлена на рис. 1 та фото 3.

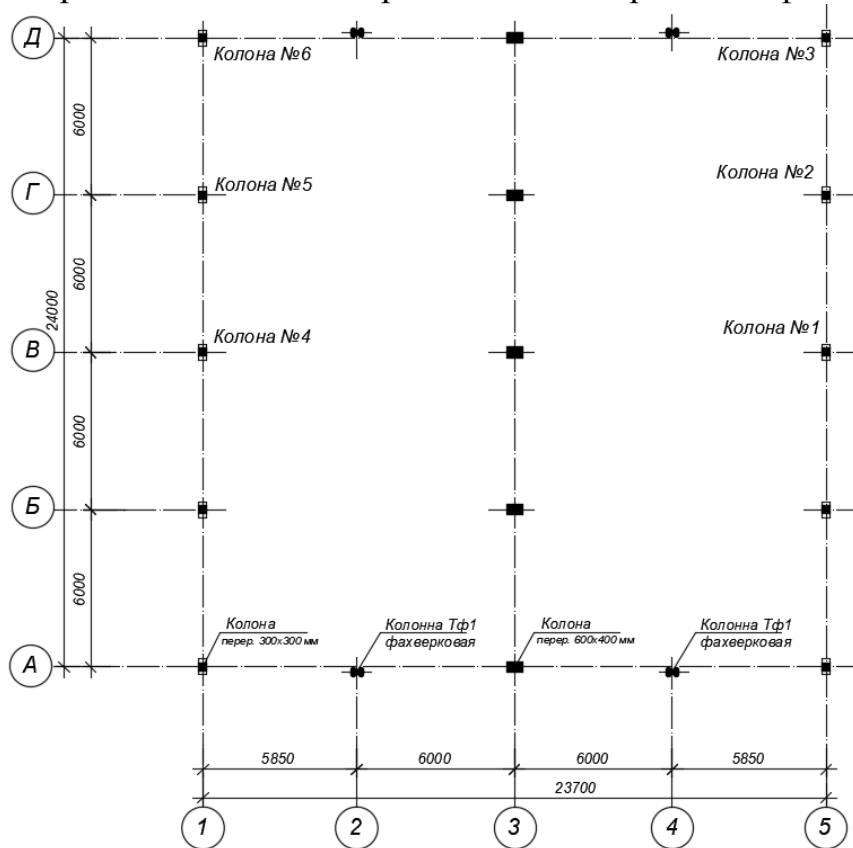


Рис. 1 Схема розміщення колон

Наведено перелік загальних дефектів 6-ти колон, що викликані природним старінням, експлуатаційними факторами, порушеннями технології будівництва та ін.

Основні дефекти та пошкодження 6-ти залізобетонних колон, що обстежувались:

- тріщини по захисному шару колон з розкриттям до 1,5 мм;
- поперечна тріщина в тілі колони №3 на висоті 2,35 м від її низу з шириною розкриття до 1,2 мм;
- місцями відшарування захисного шару бетону, оголення та корозія арматури;
- раковини, вибоїни, каверни від 2 до 10 мм до 25% поверхні колон;
- корозія закладних деталей оголовків колон.

Для визначення міцності бетону залізобетонних колон неруйнівним методом застосовували механічний метод неруйнівного контролю [10] і ультразвуковий метод [11] при наскрізному прозвучуванні.



Фото 3. Загальний вигляд збірних залізобетонних колон №1-3

Результати визначення міцності бетону колон неруйнівними методами за допомогою електронного приладу «BetonProCondrol» зведені до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Результати визначення міцності бетону колон

№ колони	Розташування колони (ряд, вісь)	Міцність бетону колони на стиск, $f_{c,cube}$, МПа	Примітки
1	5,Б	C20/25	Визначення міцності виконувалось не менше, ніж на трьох ділянках для кожної колони (6x3=18), тобто на 18-ти ділянках. Результати представлені протоколами атестованої лабораторії ЛБМіК
2	5,В	C20/25	
3	5,Г	C25/30	
4	1,Б	C20/25	
5	1,В	C25/30	
6	1,Г	C20/25	

При оцінці технічного стану конструкцій вирішувались наступні технічні задачі: 1) формулювання мети оцінки технічного стану – відновлення нормальних експлуатаційних властивостей; 2) візуальне і інструментальне обстеження конструктивних елементів; 3) геодезичні і інженерно-геологічні вишукування; 5) оцінка технічного стану конструкцій; 6) розробка проектної документації підсилення.

За результатами аналізу візуального та інструментального обстеження конструкцій встановлено технічний стан залізобетонних колон №1, №2, №4, №5, №6 та кваліфікується як задовільний



(категорія технічного стану II) за умови усунення дефектів. Фізичне зношення не перевищує 40 %. Технічний стан конструкції залізобетонної колони №3 – непридатний до нормальної експлуатації (категорія технічного стану III). Фізичне зношення в межах – 41-60 %. Після усунення дефектів і пошкоджень та підсилення технічний стан може бути кваліфікований як задовільний (категорія технічного стану II).

Перевірні розрахунки залізобетонних конструкцій повторного використання виконувались згідно діючих норм з урахуванням зміни діючого на них навантаження, об'ємно-планувальних вирішень і умов експлуатації, а також виявлених дефектів і пошкоджень з метою встановлення достатньої несучої спроможності і придатності до нормальної експлуатації конструкцій за умов їх роботи, що змінилася. [12-15]. Виконано підсилення конструкції - залізобетонної колон перерізом 300 x 300 мм, яка замонолічена в фундамент, декількома методами: підсилення стрижня залізобетонної колони за допомогою металевих корсетів; підсилення консолі колони за допомогою горизонтальних тяжів; підсилення вузла сполучення фундаменту з колоною; підсилення фундаменту шляхом нарощуванням з розширенням подошви.

Підсилення фундаменту виконано для збільшення несучої здатності у зв'язку з збільшенням навантаження, а також для відновлення фундаментів, які отримали пошкодження. Для розширення подошви розроблений фундамент стаканного типу із залізобетону. Фундамент армований каркасами і сітками. Колона з фундаментом встановлюється в новий фундамент стаканного типу і замонолічується бетоном кл. С16/20. Відновлення колон виконано за допомогою суцільних металевих корсетів. Металеві корсети складаються зі стояків кутикового фасонного профілю і сполучних планок. Відновлення несучої здатності колони досягається після монтажу сполучних планок і їх з'єднання зварюванням зі стояками. У нижній частині колони передбачена обв'язка з швелера, можливість передачі навантаження корсета на фундамент.

Несуча здатність звичайної металеві об'єми достатня. Запас міцності складе

$$\frac{N_{oy} - N}{N} 100\% = \frac{716,3 - 293,9}{293,9} 100\% = 144\%$$

Підсилення верхньої частини колони (консоль) виконано за допомогою горизонтальних тяжів. Стягнуті хомути є корсети, що складаються з кутиків-упорів, які стягуються арматурою гладкого профілю. Підсилення вузла кріплення фундаменту з колоною виконано в зв'язку з відсутністю надійного замонолічування колони в

“стакані” фундаменту. На підколінник стаканного типу укладається сталевий лист до якого приварюється швелер. Підготовлений таким способом вузол замонолічується бетоном кл. С20/25.

Схема підсилення представлена на рис. 2.

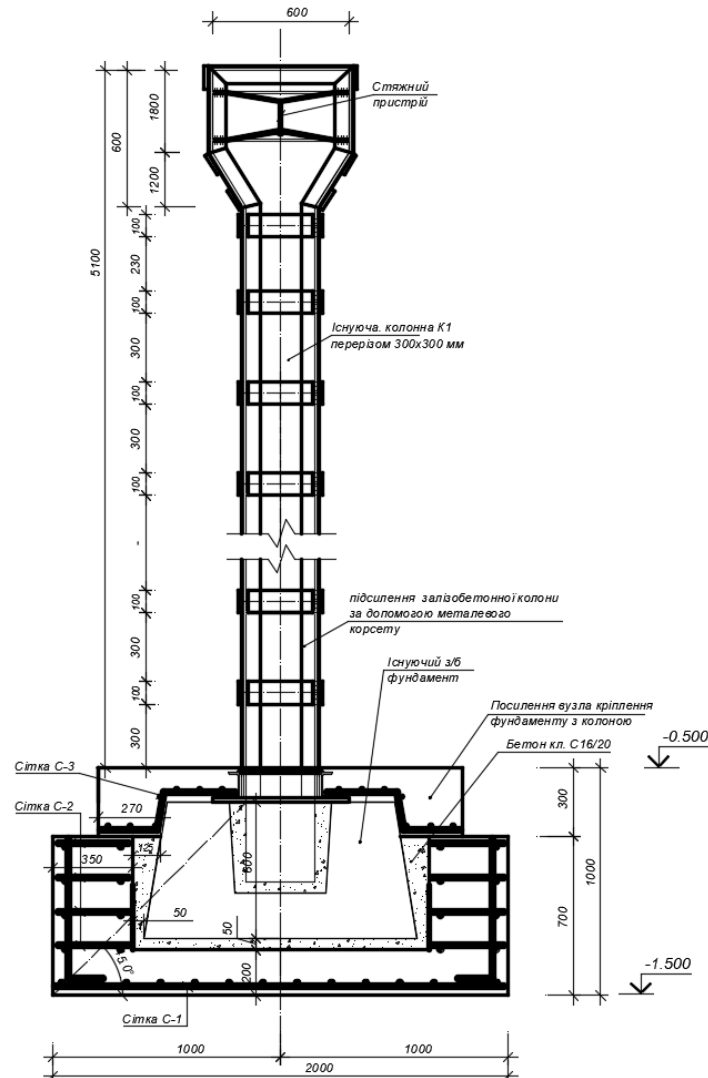


Рис. 2 Підсилення залізобетонної конструкції (колонна замонолічена в фундамент) повторного використання

Матеріали для підсилення конструкцій відповідають вимогам ДБН А.3.1-7, ДБН В.2.6-22 і відповідних нормативних документів. Вибір матеріалів виконувався відповідно до чинних нормативних документів.

Висновки. Після обстеження, підсилення залізобетонних конструкцій повторного використання та перевірих розрахунків прийняте рішення що до використання конструкцій для нового будівництва складу для зберігання сільськогосподарської продукції по вул. Леніна, 50А в с. В. Копані Цюрупинського району Херсонської області. На основі фундаментальних досліджень розроблено метод



підсилення конструкції повторного використання. Метод підсилення конструкції складає з декілька окремих методів підсилення: підсилення стрижня залізобетонної колони за допомогою металевих корсету; підсилення консолі колони за допомогою горизонтальних тяжів; підсилення вузла сполучення фундаменту з колоною; підсилення фундаменту шляхом нарощуванням з розширенням підшви.

Список використаних джерел

1. Osman M., Soliman A. E.-K. S. Behavior of confined column under different techniques. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2014. DOI: 10.5281/zenodo.1099456.

2. Marques M. G., Liserre A. P. A. R., Gomes R. B., Guimarães G. N. Analysis of the behavior of reinforced concrete columns strengthened with sleeve wedge bolts and a self compacting concrete layer. *Revista IBRACON Estruturas Materiais*. 2015. Vol. 8, № 2. P. 88-99. DOI: 10.1590/S1983-41952015000200003.

3. Sezen H., Setzler E. J. Reinforcement Slip in Reinforced Concrete Columns. *ACI Structural Journal. Farmington Hills*. 2008. Vol. 105, № 3 P. 280-289. URL: <https://search.proquest.com/openview/755b82f7f2cf923a8050f576dcc5efbf/1?pq-origsite=gscholar&cbl=36963> (дата звернення: 13.02.2020).

4. Paultre P, Légeron F. Confinement Reinforcement Design for Reinforced Concrete Columns. *Journal of Structural Engineering*. 2008. Vol. 134, № 5. P. 738-749. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9445(2008)134:5(738).

5. Pan J. L., Gu J., Chen J. H. Theoretical modeling of steel reinforced ECC column under eccentric compressive loading. *Science China Technological Sciences*. 2015. Vol. 58, № 5. P. 889-898. DOI: 10.1007/s11431-015-5798-z.

6. Tobbi H., Farghaly A. S., Benmokrane B. Concrete Columns Reinforced Longitudinally and Transversally with Glass Fiber Reinforced Polymer Bars. *Aci Structural Journal*. 2012. July. P. 551-558. URL: <https://www.researchgate.net/figure/> (дата звернення: 13.02.2020).

7. Клименко Є. В. Технічний стан будівель та споруд: монографія. Одеса, ОДАБА, 2010. 316 с.

8. Барашиков А. Я., Малишев О. М. Оцінювання технічного стану будівель та інженерних споруд: навч. посібник. Київ: Основа, 2008. 320 с.

9. Гладишев Д. Г., Гладишев Г. М. Дослідження технічного стану будівель, споруд та їхніх елементів: монографія. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2012. 303 с.

10. ДСТУ Б В 2.7-220:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю.



[наказ Мінрегіонбуду України від 22.12.2009 р. № 640]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 25 с.

11. ДСТУ Б В 2.7-226:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності. [Чинний від 2010-09-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 27 с.

12. ДБН В.3.1-2-2016. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд. [Чинний від 2017-04-01]. Київ: Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій, 2017. 17 с.

13. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. [Чинний від 2015-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2014. 199 с.

14. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний від 2011-06-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с.

15. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування [Чинний від 2007-01-01]. Київ : Мінбуд України, 2006. 75 с.

ІННОВАЦІЇ СУЧАСНОГО БУДІВНИЦТВА БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ДЛЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ ХЕРСОНЩИНИ

С. М. Романенко, Я. П. Андрієвська

Анотація

В статті наведено результати візуального та інструментального обстеження конструкцій повторного використання для нового будівництва складу для зберігання сільськогосподарської продукції. Після обстеження прийнято рішення розробки спеціального проекту щодо посилення несучих залізобетонних конструкцій каркасу, для подальших будівельно-монтажних робіт при зведенні будівлі і можливості подальшої експлуатації без будь-яких обмежень. Підсилення залізобетонних колон виконано за допомогою металевої обойми. З досвіду проектування і реконструкції будівель відомо, що обойми є одними з найпростіших і надійних конструктивних рішень підсилення і застосовуються досить часто. У зв'язку з збільшенням навантаження недостатній несучій здатності ґрунтів основи, а також при істотному пошкодженні фундаментів в процесі експлуатації рекомендовано збільшення розмірів подошви фундаментів. При розробці робочого проекту на нове будівництво складу для зберігання сільськогосподарської продукції запропоновано раціональний варіант підсилення в цілому несучої конструкції.

Ключові слова: обстеження, залізобетон, посилення, колона, консоль, тяжі, фундамент.

ИННОВАЦИИ СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ХЕРСОНЩИНЫ

С. Н. Романенко, Я. П. Андриевская

Аннотация

В статье приведены результаты визуального и инструментального обследования конструкций повторного использования для выявления



поврежденных, деформированных несущих элементов каркаса требующих усиления. Причинами, вызывающими необходимость усиления железобетонных конструкций повторного использования, в частности колонн, есть коррозия арматуры, отслоение защитного слоя бетона, трещины, раковины и выбоины, увеличение эксплуатационных нагрузок, появление дефектов и повреждений, вызванных неблагоприятными атмосферными воздействиями. Увеличение размеров подошвы фундаментов выполнено в связи с ростом нагрузок, недостаточной несущей способности грунтов основания, а также при существенном повреждении фундаментов в процессе эксплуатации. Предложено рациональный вариант усиления несущих конструкций при разработке специального проекта на новое строительство склада.

Ключевые слова: обследование, железобетон, усиление, колонна, консоль, тяжи, фундамент.

INNOVATIONS OF MODERN CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES FOR THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF KHERSON REGION

S. M. Romanenko, Ya. P. Andreevskaya

Summary

Recently, new construction of buildings and structures is made of reuse products. Materials and products derived from the dismantling of structures and the dismantling of engineering equipment and reused, including after their restoration or processing, at repair and construction sites, as well as being sold to the public or disposed of as recyclable materials shall be considered as reused raw stuff. The article presents the results of visual and instrumental examination of reuse structures for the new construction of storage for agricultural products. After the survey was made a decision to develop a special project to strengthening the load-bearing reinforced concrete structures of the frame, for the further construction works during the construction of the building and the possibility of the further operations without any restrictions. The object of the study is reinforced concrete two-console reusable columns, which are embedded on the glassful foundation, and the subject of the study are methods of rational reinforcements. Reinforcement of the reinforced concrete columns is made using a metal ferrule. From the experience of designing and reconstructing buildings, it is known that ferrule is the one of the simplest and the most reliable structural reinforcement solutions and is used quite often. Due to the increase in load, insufficient bearing capacity of the foundation soils, as well as significant damage to the foundations during operation, it is recommended to increase the size of the sole of the foundations. When designing a working project for a new construction of a warehouse for storage of agricultural products, was proposed a rational option for strengthening the overall load-bearing structures. The using of materials and products arising from the dismantling of buildings and structures is beneficial to the environment, and will be facilitate the rational use of the enterprise's facilities when performing construction work.

Keywords: survey, reinforced concrete, reinforcement, column, console, weights, foundation.



УДК 631.3–192:662.63

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-9

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ОЛИВ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Журавель Д. П., д. т. н.

ORCID: 0000-0002-6100-895X

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені**Дмитра Моторного*e-mail: dmytro.zhuravel@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. Рослинні оливи містять накопичену рослинами сонячну енергію. Рівень їх значущості полягає в головній відмінності від інших видів поновлюваних джерел енергії вітру, сонця і річок.

Рослинні оливи (РО) є екологічно чистим джерелом, яке дає можливість зберігати викопні види палива, проте, енергія РО може накопичуватися і використовуватися у будь-який час в області енергетичного використання. Вони придатні для виробництва теплової і електричної енергії, а також застосовуються як автомобільне паливо для двигунів внутрішнього згорання. Порівняно з іншими поновлюваними видами палива, РО вимагають менше енергії для виробництва і мають велику енергетичну цінність на одиницю об'єму [1-4].

РО характеризуються значною в'язкістю і практично не випаровуються. Ця особливість в сукупності з високою температурою займання ($> 300^{\circ}\text{C}$) є чинниками, які роблять їх абсолютно вибухобезпечними. Значення цього факту важко переоцінити в автомобільному транспорті. Більш того, використання РО не призводить до забруднення води, ґрунту і повітря.

Використовувати їх для мобільних енергетичних засобів з такими особливостями приваблива перспектива.

Аналіз останніх досліджень. В даний час обсяг виробництва продуктів на базі рослинних олив істотно зростає - тракторні оливи, олії для харчової промисловості, індустриальні гідравлічні оливи, оливи для ланцюгових пил, редукторні оливи, різні змащувально-охолоджувальні рідини для металообробки, гартівні оливи, оливи для процесів формування металу, охолоджуючі оливи в трансформаторах та інші. Принципово новий напрямок - це виробництво олив, в яких дисперсійним середовищем служать рослинна олива, її суміш з нафтовою або синтетичною. Основна екологічна перевага таких продуктів - біорозклад. Біорозкладаємі оливи почали застосовувати в



останній час, в основному в Європі. Їх структура практично не відрізняється від структури мастил на базі нафтових олив.

За кордоном давно ведуться роботи з підбору дисперсійного середовища мильних мастил, в основному літєвих, на основі рослинних олив і їхніх сумішей з нафтовими, в тому числі з регенерованих. І в нашій країні зроблено спробу оцінити можливість застосування в літєвих мастилах рослинних олив в якості омилюємої сировини і дисперсійного середовища. Показано, що найкращою омилюємою рослинною сировиною при готуванні літєвих мастил виявилася рапсова олива і недистильовані рослинні кислоти ріпакової оливи. Доцільно використовувати в якості дисперсійного середовища літєвих мастил нафтові оливи І-40А в суміші з рослинними олівами [4]. Мастильні властивості оливи на основі рослинної сировини при введенні товарних присадок майже такі ж, як у нафтових. Однак полярність рослинних олив може призвести до протікання побічних реакцій на поверхні металу. Тому присадки в такі мастила потрібно вводити у великих кількостях. Однак, за винятком типових Рівень їх значущості відмінні змащувальні властивості рослинних олив достатні для захисту від зносу. Аналогічна картина має місце по антикорозійним властивостям. Рослинні оливи забезпечують певний рівень захисту від корозії без введення присадок, тому необхідність в них часто взагалі відпадає. Для забезпечення рівня захисту, аналогічного нафтовій оливі достатньо вводити незначну кількість інгібіторів корозії. Однак, весь спектр проблем пов'язаних із забезпеченням надійності вузлів і агрегатів функціональних систем мобільної техніки ще остається актуальним, тому необхідні подальші дослідження в цьому напрямку [5-8].

Формулювання цілей статті. В роботі приведено обґрунтування доцільності використання біологічних олив для мобільних енергетичних засобів.

Основна частина. Застосування рослинних олив в різних галузях народного господарства продовжує розширюватися. Крім використання продуктів олеохімії в якості мастильних матеріалів, їх застосовують при отриманні поверхнево-активних речовин (ПАР), в якості інгібіторів корозії та інші. За допомогою методів генної інженерії - зміна хімічного складу в бажаному напрямку, здійснюється зміна спадкових ознак. Основна мета тут - підвищити вміст олеїнової і мононенасичених кислот і знизити вміст ліноленої кислоти, що сприяє протіканню полімеризації, зростанню в'язкості і прискореного старіння масла, а також екологічно безпечної ерукової кислоти [1-4]. Хроматограма метилових ефірів рапсової оливи наведена на рис.1.

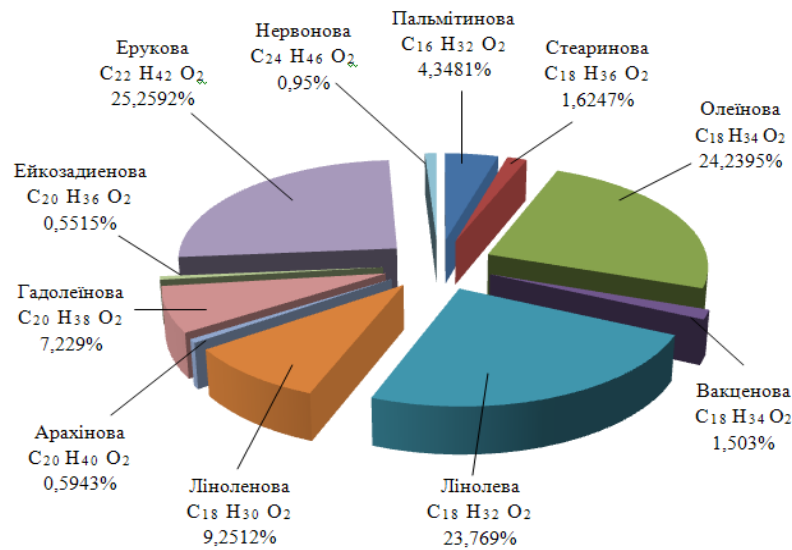


Рис.1 Хроматограма метилових ефірів ріпакової оливи

Високий вміст в них олеїнової кислоти дозволяє забезпечити високий рівень змащувальних властивостей [2]. Зниження вмісту лінолевої кислоти більше ніж на 20%, та зростання одночасно вмісту олеїнової кислоти дасть змогу підвищити антиокислювальну стабільність. Збільшення вмісту олеїнової кислоти до 85% в ріпаковій товарній оливі «Канола» дозволить розширити спектр використання для більш жорстких умов експлуатації. Однак немаловажним аспектом при цьому є техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень [1].

До теперішнього часу продукти на базі рослинних олив міцно займають невелику нішу на світовому ринку. Переваги рослинних олив близькі до синтетичних, ряд синтетичних продуктів виробляють на основі «біосировини» для забезпечення добрих екологічних властивостей. Компанія Uniqema в даний час пропонує синтетичні складні ефіри Priolube, одержувані як на базі тваринних, так і рослинних жирів. Такі ефіри використовують як базові оливи для мастильних матеріалів, застосовуваних в екологічно уразливих областях (гідравлічні оливи, пластичні мастила, моторні оливи для двотактних двигунів). Жирні кислоти (пальмітинова, стеаринова, олеїнова та ін.) і їхні похідні є важливою складовою рослинних олив. Вони утворюються також у процесі старіння нафтових мастил у складі інших продуктів окислювання. Деякі жирні кислоти і їхні похідні (мила) застосовуються як присадки до нафтових мастил. Мила (солі жирних кислот) утворюються при взаємодії жирних кислот з металами.

Жирні кислоти – це органічні сполуки загальної формули RCOOH , де R – жирний радикал (CH_3 , C_2H_5 і т. д.) [2,9]. Кислотні властивості жирних кислот залежать від наявності в молекулі одноатомного радикала карбоксилу.

За кількістю карбоксилів у молекулі розрізняють одноосновні, двоосновні і багатоосновні кислоти.

Насичені жирні кислоти, тобто карбонові кислоти жирного (парафінового) ряду, за своєю структурою аналогічні парафіновим вуглеводням; вони являють собою метиленові ланцюги, у яких на відміну від молекули парафінового вуглеводню одна або обидві метильні групи CH_3 замінені відповідно на одну або дві карбоксильні групи COOH . Ненасичені жирні кислоти відрізняються від насичених тим, що одна або дві метиленові групи CH_2 у них замінені ненасиченими групами CH . На рис. 2 наведена схема будови нормальної жирної кислоти [9].

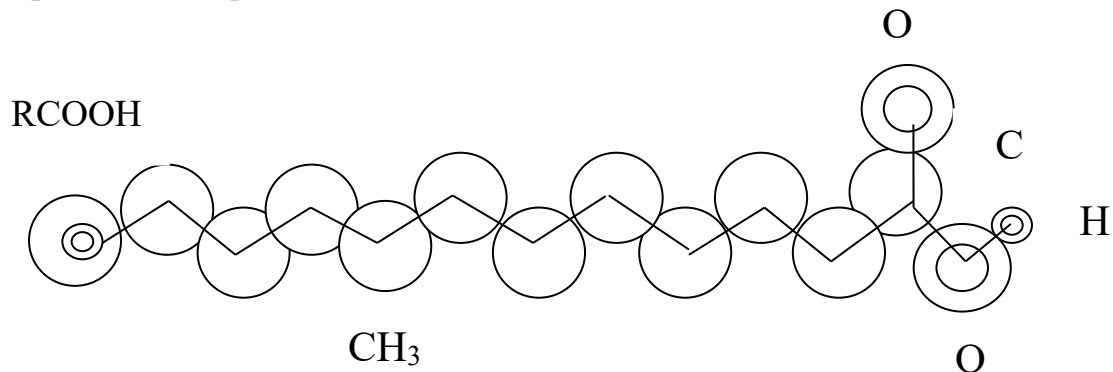


Рис. 2 Схема будови нормальної жирної кислоти

Процес тертя в трибосистемі в присутності поверхнево-активних речовин (ПАР) біологічних рідин характеризується наявністю граничного шару, що складається з просторово-орієнтованих молекул. Цей шар може бути як мономолекулярним, так і полімолекулярним. Виникнення даного шару обумовлене особливостями будови молекул ПАР. На рис. 3 наведено схему триботехнічних процесів в прецизійних з'єднаннях за наявності ПАР в середовищі біологічних рідин.

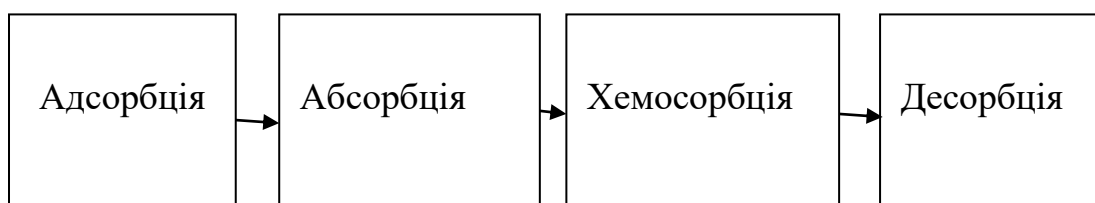


Рис. 3 Схема триботехнічних процесів в прецизійних з'єднаннях за наявності ПАР в середовищі біологічних рідин



Металеve тіло руйнується тоді, коли щільність внутрішньої енергії в об'ємі, що деформується, досягає граничної (критичної) величини. При цьому критична щільність внутрішньої енергії (термодинамічний критерій руйнування) не залежить від умов, в яких протікає процес, а є фізичною константою матеріалу.

Не вивчаючи детально структуру і складну природу механізмів і елементарних актів фізико-математичних явищ, що протікають в реальних матеріалах, і розглядаючи процеси деформації і руйнування твердого тіла з енергетичної точки зору, термодинамічний підхід до оцінки і опису стану твердого тіла дозволяє робити такі ж достовірні висновки, як і фундаментальні закони, що лежать в основі термодинаміки.

Досліджуючи об'ємну міцність матеріалів, вчені висувають гіпотезу руйнування, згідно якої руйнування відбувається тоді, коли внутрішня енергія матеріалу досягає критичної енергоємності [10].

Такий підхід дає можливість скористатися даними фізико-механічних властивостей конструкційних матеріалів.

$$E^* = N_{\text{пл}}, \quad (1)$$

де E^* - критична щільність внутрішньої енергії; $N_{\text{пл}}$ - прихована теплота плавлення матеріалу.

Якщо відомі зміни ентальпії при плавленні $\Delta N_{\text{пл}}$ і щільність D , то критична енергоємність може бути знайдена по формулі:

$$E^* = \Delta N_{\text{пл}} D. \quad (2)$$

Для розрахунку критичної енергоємності може бути використана також інша формула:

$$E^* = T_{\text{пл}} M D, \quad (3)$$

де $T_{\text{пл}}$ – теплота плавлення, M - молекулярна маса, D – щільність матеріалу.

Розрізняють дві основні групи енергетичних критеріїв, які засновані :

- на вимірі або математичному описі роботи пластичної деформації (накопичена матеріалом загальна енергія пластичної деформації залежить від діючої напруги і механічних властивостей матеріалу);

- з врахуванням термодинамічних властивостей матеріалу.



Передбачається аналогічність процесів руйнування і плавлення. При цьому відзначається, що для порушення зв'язку атомів твердого тіла потрібна цілком певна кількість енергії, незалежно від того як вона підводиться до тіла: механічно або у вигляді тепла.

Серед численних методів, запропонованих дослідниками, на наш погляд, енергетична теорія тертя і зносу якнайповніше може описати реальну картину цього явища. Такий підхід сформульований і застосований Г. Фляйшером [10] і удосконалювався в працях його колег. Основним в цій теорії є те, що для відділення часток зносу необхідно щоб деякий об'єм матеріалу накопив певний критичний запас внутрішньої енергії. По Г.Фляйшеру уявна щільність енергії ($e_{ТВ}^*$) характеризується як функція:

- дійсної щільності енергії розриву ($e_{ТВ}$);
- критичного числа імпульсів енергії, що визначається величиною навантаження і акумулюючою здатністю робочого матеріалу (n_k);
- коефіцієнта накопичення енергії (X), що визначається структурою, складом і типом робочого матеріалу (K);

$$e_{ТВ}^* = e_{ТВ} n_k / X [K(n_k - 1) + 1]. \quad (4)$$

Точне аналітичне визначення уявної щільності енергії тертя на основі рівняння (4) в даний час ще неможливо, тому що не з'ясований взаємозв'язок між окремими розрахунковими величинами і заданими фізико-технічними характеристиками робочого матеріалу.

Г. М. Сорокін і Б. П. Сафонов [10] вважають, що енергоємність матеріалу залежить від твердості і температури відпуску, а також від структури матеріалу. Оскільки тертя супроводжується тепловими процесами, то таке твердження, ймовірно правильне. Слід очікувати, що зі зміною температури енергоємність також повинна змінитися. Однак, при незначних змінах температури в стаціонарних процесах, можна допустити, що критична енергоємність є фізичною константою матеріалу.

Зміна властивостей деформованих поверхонь обумовлено самою природою тертя, особливостями перетворення механічної енергії в теплову. Процес пристосування пар, що труться в період припрацювання є енергетичним, оскільки він протікає з поглинанням або виділенням енергії контактуючими поверхнями. В цьому плані зміцнення можна уявити як процес енергонасичення деформуємих об'єктів в результаті підвищення їх щільності дислокації або інших недосконалостей кристалічної будови.

Енергетична концепція базується на умові Гріффітса [10], згідно з яким існуюча мікротріщина буде інтенсивно розповсюджуватися, якщо швидкість звільнення енергії пружною деформацією



перевищить приріст поверхневої енергії тріщини в одиницю часу. Для деформованої плоскої пластини ця умова виражається в наступній залежності:

$$\frac{\sigma \pi l^2}{E} \geq 4l(W_H + W_n), \quad (5)$$

де σ - напруга на пластині; E - модуль пружності; $2l$ - довжина тріщини, що йде під прямим кутом до напрямку напруги σ ; W_H - енергія поверхнострого натягу тріщини; W_n - робота пластичної деформації.

Критичне напруження, при якому починається інтенсивний розвиток тріщини з наступним руйнуванням поверхні:

$$|\sigma| > 2 \sqrt{\frac{E(W_H + W_n)}{\pi l}}. \quad (6)$$

Мінімальна нормальна напруга, при якій виникає граничне прослизання зерен і утворення субмікротріщини:

$$\sigma_{\min} = \sqrt{\frac{12WG}{\pi d}}, \quad (7)$$

де W - поверхнева енергія пластичної деформації, пов'язана з виникненням тріщини в сусідньому зерні; d - середній діаметр зерна; G - модуль пружності другого роду.

Зв'язок енергоємності матеріалу зі структурно-міцністними властивостями вивчав В.С. Попов [10]. Використовуючи дислокаційно-енергетичний аналіз чинників зношування, він робив спробу розрахувати критичну енергоємність матеріалу при абразивному зношуванні.

Процес зношування представляється в такий спосіб: зношування підкоряється закону збереження енергії. Відповідно до першого закону термодинаміки його можна уявити співвідношенням:

$$A = Q + \Delta E, \quad (8)$$

де ΔE - зміна внутрішньої енергії матеріалу; Q - тепловий ефект при зношуванні; A - робота тертя, еквівалентна витраченої механічної енергії.

Зміна внутрішньої енергії матеріалу, що зношується дорівнює величині енергії нових поверхонь, що утворюються при руйнуванні, і енергії акумульованої в металі при взаємодії поверхонь у вигляді прихованої енергії деформації.

Енергетичний баланс процесу зношування показаний на рис.4.



Рис. 4 Схема енергетичного балансу процесу зношування

В процесі зношування акумулювання енергії пружною деформації граничної величини призводить до порушення суцільності, тобто відділенню однієї частини кристалічної решітки від іншої. При цьому відбувається розрив міжатомних зв'язків і утворення нових поверхонь. Ці явища вимагають для свого здійснення певних



витрат енергії і можуть відбуватися тільки в тому випадку, якщо метал має необхідний її запас. Запас енергії збільшується за рахунок її передачі контртілами від зовнішнього джерела енергії.

Характеристика зносостійкості матеріалів, що є функцією процесів деформації і руйнування, може базуватися на аналізі середньої величини енергії, яка поглинається в процесі тертя. Величина цієї енергії залежить від зовнішніх факторів і вихідного стану металу.

У загальному вигляді при терті робота витрачається на руйнування E і збільшення запасу енергії в поверхневому шарі металу у вигляді скритої енергії деформації E , перетворюючись у тепло, розсіюється в навколишнє середовище:

$$E_{\text{тр}} = E_p + E_{\text{сд}} + q, \quad (9)$$

де $E_{\text{тр}}$ - енергія тертя.

Енергія, що витрачається на руйнування, складається з енергії, необхідної на пружну деформацію E_y , енергії зближення поверхонь E_B , зародження тріщин $E_{\text{зт}}$ і енергії, відповідної роботі прикладеної напруги при розкритті тріщини $E_{\text{рт}}$ і ефективної енергії утворення нових поверхонь $2 E_n$:

$$E_p = E_y + E_B + E_{\text{зт}} + E_{\text{рт}} + 2 E_n. \quad (10)$$

В процесі відносного переміщення поверхонь метал деформується і утворює мікротріщини, які, розвиваючись, призводять до руйнування поверхонь мікрооб'ємів. У поверхневих ділянках, розміри яких залежать від складу і структури сплаву, відбуваються незворотні процеси зміни його вихідного стану, що включають приріст щільності дислокацій, утворення мартенситу деформації, зміна параметрів кристалічної решітки аустеніту і ступеня тетрагональності мартенситу, виділення дисперсних фаз, утворення залишкових напружень. Робота, витрачена на здійснення зазначених змін, призводить до збільшення запасу внутрішньої енергії поверхневих шарів металу.

Прихована енергія деформації є енергією, яка зосереджена в дислокаціях E_p , точкових дефектах $E_{\text{тд}}$, що утворилися в процесі тертя і залишкових напружень $E_{\text{вн}}$, а також енергію структурних перетворень $E_{\text{мп}}$ і виділення нових фаз $E_{\text{ф}}$:

$$E_{\text{сд}} = E_p + E_{\text{тд}} + E_{\text{вн}} + E_{\text{мп}} + E_{\text{ф}} \quad (11)$$



З підвищенням ступеня деформації кількість енергії, що акумулюється в металі, збільшується і може коливатися в широких межах від декількох до сотень джоулів на 1 моль.

При зіткненні твердих тіл із зовнішнім середовищем (газоподібною або рідкою) в результаті взаємодії поля твердої фази з полями атомів і молекул середовища, на поверхні твердого тіла спостерігається поступове скупчення молекул газу або рідини, що зростає з часом, тобто їх адсорбція на поверхнях тертя [9].

Поступове збільшення поверхневої концентрації адсорбованих молекул призводить до насичення адсорбційного шару, який може бути моно- або мультимолекулярним. Властивості молекул змінюються - відбувається адаптація молекул до нових умов її двовимірного (граничного існування). Властивості адсорбційного шару як колективу молекул змінюється в порівнянні з властивостями тієї ж речовини в об'ємних умовах. Адсорбція не обмежується зовнішньою поверхнею твердого тіла, а внаслідок поверхневої рухливості молекул (двовимірній міграції) за наявності пористості або дефектів будови твердих тіл (наприклад, через гирла мікротріщин) поширюється і на «внутрішню» його поверхню. Такий процес називається абсорбцією.

Якщо адсорбція відбувається під дією сил Ван-дер-Ваальса і характеризується відносно низькою енергією зв'язку, то таку адсорбцію називають фізичною, або вандерваальсовою. Якщо ж при абсорбції відбувається хімічна реакція між адсорбентом і твердою поверхнею, то говорять про хімічну адсорбцію, або хемосорбцію.

Граничні шари атомів і молекул на поверхні твердих тіл (металів), здатні впливати на величину сил тертя, є по їх походженню і властивостям адсорбційними шарами.

Лише в разі сповна симетричних молекул не виникає питання про їх просторові розташування при адсорбції на твердій поверхні. Такі симетричні молекулярні структури, проте, відносно рідкі, а крім того, в полі адсорбтиву, володіючи здібністю до поляризації, і ці молекули нерідко набувають асиметрії в розподілі зарядів. Що ж стосується молекул компонентів мастил, то у них переважає ланцюгова форма структури.

Характер адсорбції і орієнтації ланцюгових молекул визначається взаємодією адсорбційних центрів поверхні з активними центрами молекул.

Адсорбційна орієнтація полярних ланцюгових молекул з одним активним центром, розташованим на кінці молекули, представляє найбільший інтерес з точки зору теорії граничного шару.

Порівняно простий спосіб орієнтації при адсорбції спостерігається для насичених жирних кислот, молекули яких містять



два активні центри: один в кінці, а інший де-небудь по довжині вуглецевого ланцюга. Прикладом таких молекул може служити олеїнова кислота, значна кількість якої міститься в ріпаковій оливці.

Явище орієнтації – загальна властивість асиметричних молекул, що входять до складу змащувальних матеріалів, незалежно від їх полярності. Наявність полярних молекул інтенсифікує ці процеси.

У випадку складних змащувальних сумішей, прикладом яких є сумішеве мінерально-рослинне пальне, перш за все селективно адсорбуються і орієнтуються полярні молекули.

Насичені жирні кислоти побудовані з координаційних димірів. З іншого боку найближчий до поверхні елементарний адсорбційний шар таких речовин побудований таким чином, що з металом безпосередньо пов'язані полярні групи молекул. Отже, можна стверджувати, що цей шар мономолекулярний. Застосовувати ці два факти, розглядаючи питання про механізм формування первинного адсорбційного шару, можна, прийнявши принаймні одне з трьох наступних допущень:

- розчин в неполярному середовищі полярної речовини поряд з димірами останнього містить і невелику кількість одиночних молекул, які селективно адсорбуються зважаючи на їх вищу в порівнянні з димірами енергією взаємодії з твердою поверхнею. Наявність такої незначної дисоціації димірів в розчині, враховуючи їх теплові зіткнення, представляється вірогідною.

- енергія взаємодії металевої поверхні з карбоксильною групою молекули приблизно удвічі вище за енергію взаємодії карбоксилів в димірах. Тому можна допустити, що в адсорбційному полі квадрупольна група диміра піддається деформації (перерозподілу зарядів), яка приводить до його розділення на дві молекули).

Можна передбачити, що первинний шар формується з димірів, які адсорбуються, розділяючись на молекули, і при цьому деформуються так, що обидва вуглецеві ланцюги розташовуються паралельно один одному і приблизно нормально до поверхні [11-14].

В даний час з цих гіпотез важко виділити переважаючу. Розглянемо процес формування первинного мономолекулярного шару, вважаючи, наприклад, що відбувається адсорбція одиночних молекул. Хай цей процес тече на поверхні одного з кристалічних зерен металу, які є іонними ґратами, зануреними в електронну рідину. Таку поверхню в найпершому наближенні можна моделювати у вигляді плоскості із закономірним правильно розташованими центрами електростатичного тяжіння позитивного і негативного знаку, що чергуються.



Полярні молекули жирної кислоти, здійснюючи тепловий рух в газовому або рідинному середовищі, зустрічаються з поверхнею металу, як з твердою стінкою нескінченно великої маси. Ці теплові удари можуть бути пружними або не пружними. У останньому випадку, коли молекула звернена до поверхні своїм полярним кінцем, вона фіксується одним з центрів тяжіння і при цьому орієнтується приблизно вертикально відносно поверхні.

Наближаючись до поверхні кристалічного зерна, полярна молекула піддається дії його молекулярного поля. При цьому в полярній групі молекули відбувається перерозподіл зарядів. Одночасно дипольні групи молекул піддаються дії обертаючому моменту, і тому молекули повністю або частково орієнтуються у напрямку поля вже на підході до твердої поверхні. Зважаючи на неоднорідність поля і зміни його градієнта по довжині молекули процес, як відомо, не обмежиться лише орієнтацією в полі: молекули знаходяться під безперервною дією атракційних сил і, отже, повинні переміщатися але в напрямку до джерела поля - твердій поверхні.

У подібних умовах молекула наближається до поверхні з прискоренням і завдає їй удару. Такий удар по аналогії з явищами мікроскопічної механіки називається не пружним, якщо молекула віддає поверхні велику частину своєї кінетичної енергії і при цьому фіксується (адсорбується) її центром тяжіння. Якщо ж молекула при ударі звернена до поверхні своїм неполярним кінцем, або ж удару завдається в області відносній низького значення потенціалу поля, то акт взаємодії є пружним. Сили, що виникають при цьому, повідомляють молекулі прискорення протилежного знаку, і вона знов рухається в об'єм. В умовах статистичного переважання не пружних ударів число молекул, фіксованих і стійко орієнтованих поверхнею, з часом зростає.

При цьому молекули, адсорбовані на поверхні твердого тіла, володіють деякою рухливістю:

- у початкових фазах насичення первинного мономолекулярного шару вуглеводневі ланцюги молекул, фіксовані на вільній поверхні металу лише одним своїм полярним кінцем, здійснюють енергетичні теплові коливання, амплітуда яких убиває з пониженням температури і збільшенням насичення шарів;

- окрім цього типу руху атоми і атомні групи молекул, наприклад CH_2 , здійснюють також ротаційні коливання;

- ймовірно, що полярна група молекули не іммобілізована на кристалічній поверхні, а також здібна до невеликих флуктуаційних переміщень в межах мікрообласті максимуму тяжіння;



- адсорбовані молекули здібні до двовимірної міграції на поверхні металу;
- можливе перекидання молекули шляхом повороту її осі на 180° при переході до стійкішого стану орієнтації.

Будь-який даний стан шару треба розглядати з точки зору динамічної адсорбційної рівноваги, тобто звертати увагу на те, що одночасно з адсорбцією тече і процес десорбції. Частину адсорбованих молекул покидає поверхня, що є наслідком теплових флуктуацій як самих молекул, так і поверхні, що адсорбувала їх: поверхня «викидає» в об'єм адсорбовану молекулу, аналогічно тому як вібруюча пружна пластина підкидає, наприклад, частки піску. Таким чином, «час осідлості» адсорбованих молекул обмежений. Шляхом теплових зіткнень і за рахунок передачі енергії з боку твердої поверхні відбувається «випар» (десорбція) молекул. Такий процес молекулярного обміну між адсорбційним шаром і об'ємною (рідкою або газоподібною) фазою, що граничить з ним, тече безперервно при всіх станах насичення моношару і призводить з часом до повної заміни всіх адсорбованих молекул. Кожен даний стан рівноваги настає при рівності числа молекул, що адсорбуються і десорбуються за секунду елементом поверхні. Якщо число адсорбованих поверхнею молекул відповідає їх максимально можливій поверхневій щільності, мономолекулярний шар є насиченим.

Схему утворення мультимолекулярного граничного шару можна представити, ґрунтуючись на ідеї формування мультимолекулярного граничного шару з димірів. Формування шару спричиняє як накопичення і орієнтація димірів з послідовним утворенням одного ряду димірів за іншими. Ця схема у свою чергу потребує пояснення причин стійкої вертикальної орієнтації димірів в димірних рядах. Дійсно, адже взаємодія метильного радикала ізольованого диміра з метильною поверхнею насиченого шару дуже слабка для того, щоб забезпечити вертикальну орієнтацію диміра, який має всі підстави займати лежаче положення. Відповідь на питання про механізм орієнтації димірів в граничному шарі можливо дати, якщо врахувати яскраво виражену схильність подібних молекулярних утворень, що мають ниткоподібну будову, до асоціації з орієнтацією димірів паралельно один одному. Тенденція до асоціації ниткоподібних молекул стоїть в прямому зв'язку з великою величиною об'єму молекулярної дії, пропорційній другій мірі довжини диміра, а умови кристалізації для подібних речовин особливо сприятливі в обох напрямках: саме тому молекулярні агрегати і кристали виникають у вигляді рядів димірів з паралельним розміщенням їх осей.

Атомні зв'язки двох паралельно розміщених димірів здійснюються по всій їх довжині лондоновськими силами, що діють



між метиленовими групами CH_2 ; кожна з таких груп взаємодіє з сусідніми групами суміжного диміра; ці адитивно посилені сили зв'язку мають місце для кожної даної групи CH_2 по всій довжині обох димірів.

Грунтуючись на цих діях, А. С. Ахматов [10] передбачає, що услід за появою на метильній поверхні окремих димірів в самих різних станах первинної орієнтації повинне відбуватися утворення одиночних «пакетів» димірів. Над насиченим первинним мономолекулярним шаром, що покриває поверхню металевго монокристала, виникне перший насичений вертикально орієнтований ряд димірів. Адсорбційна плівка, що утворилася на поверхні твердого тіла володіє цінними властивостями. За даними [15-21], моношари карбонових кислот володіють дійсною пружністю форми і високою механічною міцністю. Такі шари представляють найбільший технічний інтерес. За даними з того ж джерела, сили граничного тертя і адгезії можуть бути зіставлені як межі міцності граничних шарів на зрушення і розтягіння, як свого роду «подовжній» і «поперечний» ефекти, характеризуючи властивості граничних шарів.

З наведених прикладів видно, що наявність адсорбційної плівки на поверхні тертя робить значний вплив на трибологічні процеси, що мають місце в сполученні. При її наявності знижується шкідлива дія на поверхню металу ударних навантажень і абразивних часток, внаслідок чого зменшується знос сполучення.

Висновки. 1. Залучення рослинних олив, тобто продуктів чисто біосферного походження до складу мастильних матеріалів слід вважати вельми перспективним. Широке застосування їх у виробництві товарних олив, мастил і змащувально-охолоджувальних рідин дозволить вирішити деякі складні екологічні проблеми. При цьому важливий розвиток процесів хімічного модифікування базових змащувальних матеріалів для істотного поліпшення їх експлуатаційних властивостей. Вони спрямовані на більш ефективне використання продуктів рослинного і тваринного походження в різних областях техніки.

2. Триботехнічні процеси взаємодії адсорбційних шарів в сполученні при зрушенні найбільш близькі до умов роботи прецизійних пар функціональних систем енергетичних засобів.

Список використаних джерел.

1. Гавриш В. І. Забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у аграрному секторі економіки: теорія, методологія, практика: монографія. Миколаїв: МДАУ, 2007. 283 с.

2. Девянин С. Н., Марков В. А., Семенов В. Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. Москва: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. 340 с.



3. Калетник Г. М. Розвиток ринку біопалива в Україні. Київ: Аграрна наука, 2008. 461 с.
4. Остриков В. В., Нагорнов С. А., Клейменов О. А. Топливо смазочные материалы и технические жидкости: учебное пособие. Тамбов: Из-во Тамб. гос. техн. у-та, 2008. 304 с.
5. Журавель Д. П. Особливості використання олив біологічного походження для мобільної техніки. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. 2014. Вип. 2. С.157-165.
6. Журавель Д. П., Юдовинський В. Б. Триботехнічні властивості олій біологічного походження. *Праці ТДАУ*. Мелітополь. 2011. Вип. 11, т. 4. С. 160-166.
7. Журавель Д. П. Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Суми, 2016. Вип. 10/3(31). С. 66-71.
8. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Херсон, 2017. Вип. 5. С. 56-65.
9. Быченин А. П. Повышение ресурса плунжерных пар топливного насоса высокого давления тракторных дизелей применением смесового минерально-растительного топлива: дис... канд. техн. наук: 05.20.03. Пенза, 2007. 184 с.
10. Махамов К. Х. Расчет износостойкости машин: учебное пособие. Ташкент: ТашГТУ, 2002. 144 с.
11. Understanding the Life-Cycle Costs and Environmental Profile of Biodiesel and Petroleum Diesel Fuel / V. Camobreco et al. SAE Technical Paper Series, 2000. 001487, 1-6.
12. Hyun G., Oguma M., Goto S. Spray and Exhaust Emission Characteristics of a Biodiesel Engine Operating with the Blend of Plant Oil and DME. SAE Technical Paper Series, 2002. 020864, 9.
13. Diagnostics of Engine oil of Internal Combustion Engine by Electrophysical Method of Control / A. G. Vozmilov et al. *Proceedings - 2018 Global Smart Industry Conference (GloSIC 2018)*. 8570137
14. Wolak A., Zając G. Cold cranking viscosity of used synthetic oils originating from vehicles operated under similar driving conditions. *Advances in Mechanical Engineering*. 2018. Vol. 10, № 11. DOI: 10.1177/1687814018808684.
15. Ishizaki K., Nakano M. Reduction of CO₂ emissions and cost analysis of ultra-low viscosity engine oil. *Lubricants*. 2018. Vol. 6, № 4. P. 102. DOI: 10.3390/lubricants6040102.
16. Stan C., Andreescu C., Toma M. Some aspects of the



regeneration of used motor oil. *Procedia Manufacturing*. 2018. Vol. 22. P. 709-713. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.03.102.

17. Sigaeva D. M., Akhmetov I. V., Uzyanbaev R. M., Gubaydullin I. M. Mathematical model of the production of highly purified stable oils with ultra-high viscosity index. *Journal of Physics: Conference Series*. 2018. Vol. 1096, № 1. 012195. DOI: 10.1088/1742-6596/1096/1/012195.

18. Gryazin V., Bagautdinov I., Kozlov, K., Belogusev, V. Tool for quality control of lubricants. *Engineering for Rural Development*. 2018. Vol. 17. P. 943-947. DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N411.

19. Petukhov S. A., Kurmanova L. S., Erzamaev M. P. Transport diesels oil system operation efficiency increase. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2019. Vol. 2, № 434. P. 79-85.

20. Wolak A., Zajac G. Changes in the operating characteristics of engine oils: A comparison of the results obtained with the use of two automatic devices. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*. 2018. Vol. 113. P. 53-61.

21. Motamen Salehi. F., Morina A., Neville A. Zinc Dialkyldithiophosphate Additive Adsorption on Carbon Black Particles. *Tribology Letters*. 2018. Vol. 66, № 3. P. 118. DOI: 10.1007/s11249-018-1070-6.

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ОЛИВ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Д. П. Журавель

Анотація

У статті розглянуто перспективи використання біопально-мастильних матеріалів для мобільних енергетичних засобів та детально наведений механізм триботехнічних процесів поверхнево-активних речовин біоолів в трибосистемах. Залучення рослинних олій і тваринних жирів - продуктів чисто біосферного походження до складу мастильних матеріалів слід вважати вельми перспективним. Вони спрямовані на більш ефективне використання продуктів рослинного і тваринного походження в різних областях техніки. Процеси взаємодії адсорбційних шарів в трибосистемах функціональних систем мобільної техніки характерні для моделювання триботехнічних процесів основних вузлів і агрегатів.

Ключові слова : мобільні енергетичні засоби, адсорбція, триботехнічні процеси, поверхнево-активні речовини, рослинні олії, змащувальні матеріали, енергоємність.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ МАСЕЛ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Д. П. Журавель

Аннотация



В статье рассмотрены перспективы использования биотопливо-смазочных материалов для мобильных энергетических средств и подробно приведен механизм триботехнических процессов поверхностно-активных веществ биомасел в трибосистемах. Привлечение растительных масел и животных жиров - продуктов чисто биосферного происхождения в состав смазочных материалов следует считать весьма перспективным. Они направлены на более эффективное использование продуктов растительного и животного происхождения в различных областях техники. Процессы взаимодействия адсорбционных слоев в трибосистемах функциональных систем мобильной техники характерны для моделирования триботехнических процессов основных узлов и агрегатов.

Ключевые слова : мобильные энергетические средства, адсорбция, триботехнические процессы, поверхностно-активные вещества, растительные масла, смазочные материалы, энергоёмкость.

RATIONAL USE OF BIOLOGICAL OILS FOR MOBILE POWER ENGINEERING D. Zhuravel

Summary

The article discusses the prospects for the use of biofuels and lubricants for mobile energy resources and details the mechanism of the tribotechnical processes of the surface-active substances of bio-oils in tribosystems. Elimination of deficiencies and a significant improvement in the physicochemical and operational properties of fats as base oils is achieved by appropriate purification or chemical treatment, ensures their structural changes without decomposition of triglycerides. Most of the processes of chemical modification of fats for their use as lubricants, so far mainly implemented in laboratory conditions, have not found large-scale industrial applications, but, undoubtedly, the future lies with them. The chemical processing of the raffinate in order to produce synthetic oils, as a rule, of the group of esters, is called oleochemistry. Oleochemistry processes include hydrogenation of fats, transesterification, dimerization of double bonds, oxidation, sulfonation, and organic synthesis processes. The most widely of the processes of oleochemistry in the scientific literature presents the process of transesterification. It is the main industrial method for obtaining ester-type base oils from fats. It is widespread to obtain methyl, ethyl and butyl esters from vegetable oils by means of alcoholism - the exchange of alcohols in esters. Economically and technically it is advisable to use methanol as a cheap reagent that provides an alcoholysis depth of more than 90% at moderate temperatures significantly increases the yield of esters. Attraction of vegetable oils and animal fats - products of purely biospheric origin in the composition of lubricants should be considered very promising. They are aimed at more efficient use of products of plant and animal origin in various fields of technology. The processes of interaction of the adsorption layers in the tribosystems of functional systems of mobile equipment are typical for modeling the tribotechnical processes of the main components and assemblies.

Keywords - mobile energy, adsorption, tribotechnical processes, surfactants, vegetable oils, lubricants, energy intensity.



УДК 631.171.075.4

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-10-10

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УТРИМАННЯ ОСНОВНОГО СТАДА СВИНОМАТОК

Болтянська Н. І., к. т. н.

ORCID: 0000-0002-7887-4715

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

e-mail: nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. Україна обрала європейський шлях розвитку та трансформації економіки у ринкову систему, що спрямований на підвищення рівня продовольчого забезпечення населення та створення нової якості економічного зростання. Сучасні умови господарювання вимагають змін стандартів у всіх напрямках тваринництва та подолання труднощів сучасних українських реалій. Сучасні процеси глобалізації світової економіки призвели до зростання конкуренції як на світових ринках, так і на внутрішньому ринку України. Особливо гострою ця проблема є для галузей агропромислового комплексу України. Свинарство є традиційною галуззю тваринництва в Україні яка до 1914 р. посідала четверте місце у світі з виробництва і реалізації продукції свинарства, а нині входить до другої сотні виробників свинини [1-5].

Актуальність проблеми підвищення ефективності виробництва свинини обумовлюється кількома чинниками: об'єктивними потребами людей в споживанні м'ясних продуктів, забезпеченням харчової і легкої промисловості сировиною, важливістю розвитку свинарства для сільськогосподарських підприємств як стабільного джерела надходження коштів та розширеного відтворення галузі, створенням експортного потенціалу у м'ясному підкомплексі агропромислового комплексу [6].

Аналіз останніх досліджень. У розробку теоретико-методичних і прикладних проблем економічної ефективності сільськогосподарського виробництва та свинарства, зокрема, значний вклад внесли вітчизняні та зарубіжні вчені, серед яких слід відзначити дослідження Бойка В. І., Бугуцького О. А., Гайдуцького П. І., Зимовця В. Н., Касьянова Л. І., Колузанова К.В., Макаркина А. П., Мертенса В.П., Почерняєва Ф. К., Рибалка В. П., Руснака П. П., Саблука П. Т., Семиусова П. М., Топіхи І. Н., Трегобчука В. М., Шпичака О. М. та інших. Проте питання підвищення ефективності виробництва свинини при її промисловому виробництві залишається недостатньо вивченим



і є актуальним на сучасному етапі розвитку тваринництва в Україні [7–10].

Формулювання цілей статті. Визначити шляхи удосконалення системи утримання основного стада свиноматок.

Основна частина. Упродовж 2014 – 2018 рр. зафіксовано суттєве зниження чисельності поголів'я свиней у сільських домогосподарствах. Так, у 2018 р. чисельність свиней з розрахунку на 10 сільських домогосподарств проти 2014 р. була на 19 %, чи 1,2 тварини менша. У 2018 році найбільша чисельність свиней з розрахунку на 10 сільських домогосподарств відзначена у Рівненській, Волинській, Тернопільській, найменша – Херсонській, Луганській, Харківській областях [11,12].

Найбільша частка поголів'я свиней сконцентрована в сільських домогосподарствах з площею землекористування понад 1,01 га. Протягом 2014 – 2018 рр. найбільшу кількість свиней сконцентровано в сільських домогосподарствах, які очолюють чоловіки. Причиною цього є висока трудомісткість виробничих процесів.

Протягом досліджуваного періоду простежується тенденція до значного зменшення обсягів реалізації – майже на 41,3 тис. т. Тут слід вказати як на суб'єктивні – економічна недоцільність виробництва продукції свинарства в особистих селянських господарствах, так і об'єктивні – африканська чума свиней, тощо, причини. Нині спостерігається зменшення кількості сільських домогосподарств, які мають худобу, при зростанні концентрації її в сільських домогосподарствах, які утримують 3 голови і більше. Цю обставину підтверджує припущення про процес розшарування особистих селянських господарств на споживчі – виробляють тваринницьку продукцію з метою задоволення потреб членів домогосподарства, та товарні – за своєю економічною сутністю здійснюють підприємницьку діяльність без реєстрації юридичної особи [13].

До основних причин суттєвого скорочення поголів'я свиней в країні, на нашу думку, слід віднести: диспаритет цін на сільськогосподарську та промислову продукцію; зростання цін на корми; неспроможність більшості вітчизняних товаровиробників застосовувати новітні технології утримання та відгодівля свиней; ліквідація спеціалізованих свинарських господарств; насичення вітчизняного ринку сировиною іноземного виробництва; скорочення обсягів державної підтримки.

В досліджуваний період, в Україні обсяг вирощування свиней показав стійку тенденцію до зниження. За таких обставин стає очевидним, що відновити чисельність поголів'я тварин і збільшити обсяги виробництва свинини в найкоротший термін можливо шляхом першочергового забезпечення господарств населення племінним,



високо-продуктивним ремонтним молодняком, збалансованими повнораціональними комбікормами та озброївши сільського господаря новітніми технологіями утримання та догляду за тваринами [14–16].

У зв'язку з великою різницею концентрації поголів'я свиней на фермах, а отже, і суттєвими відмінностями в технології і рівні механізації виробничих процесів, типів приміщень, обов'язковою передумовою забезпечення високоефективного ведення свинарства є впровадження раціональної організації праці, яка б відповідала конкретним умовам.

Зважаючи на обраний напрям розвитку галузі, особливу увагу в технологічних змінах варто приділити вибору системи відтворення стада та формуванню структури поголів'я. Таке твердження ґрунтується на максимальному використанні біологічних особливостей свиней, які вигідно відрізняють їх від інших тварин, а саме: багатоплідність, швидкий ріст, висока оплата корму і інше. Товарної зрілості свині досягають у 6–7 місячному віці, а гібридні тварини в комфортних умовах вирощування і відгодівлі в 5–5,5 місячному віці. За показниками конверсії корму свині поступаються лише бройлерам. Це дає можливість інтенсивніше використовувати приміщення і за короткий час отримувати високоякісну м'ясну свинину, що особливо потребує сучасний ринок, скоротити затрати на додаткові корми, заробітну плату, енергоносії і інше, а, отже, прискорити повернення затрачених коштів.

Високопродуктивні тварини зарубіжної селекції в порівнянні з вітчизняними здатні забезпечувати виробництво більшої кількості продукції за більш короткий технологічний цикл. Це знижує потребу в скотомісцях для одноразової постановки тварин, а, отже, сприяє значній економії загальної площі забудови комплексу та обладнання.

Порівняння результативності використання тварин з різних селекційних центрів Європи і України при виробництві свинини в розрахунку на 1300 основних маток показує, що в Голландії від них отримують 28000 голів відгодованих свиней на рік живою масою 110 кг, в Данії – 35000 голів, в Україні – за середніми господарствами – 19000 голів на рік, що менше зарубіжних аналогів на 47 і 85% відповідно.

Порівняння технологічних параметрів продуктивності тварин, що використовуються різними компаніями, які закладаються при будівництві нових свинарських підприємств наведені в таблиці 1. Як видно з таблиці 1, врахований технологічний відхід молодняка від народження до здачі на м'ясокомбінат в середньому по Україні становить 22%, а приріст живої маси на відгодівлі – 328 г на добу при середній тривалості відгодівлі 280 днів. Ці показники у зарубіжних виробників варіюють від 12 до 14% і 720–970 г на добу, відповідно.

Таблиця 1
Рівень технологічних параметрів продуктивності тварин
використовуваних при проектуванні свинарських підприємств

№ п/п	Найменування показників фірм	Данія		Австрія	Канада	Голландія	Германія	Україна
		Егеберг		Шауер	ФіЖіСі	Поркон	Біг Дачмен	Середні показники
1	Число опоросів на рік на одну свиноматку	2,48		2,48	2,36	2,37	2,45	2,0
2	Підсисний період, днів	26		28	28	27	28	35...45
3	Прохолост, %	15		25	15	20	20	30
4	Поросята в опоросі, шт.	13		11	11	12	11	10,6
5	Живих поросят в опоросі, шт.	12		11	10	11	10	9,4
6	Втрати поросят в підсисний період, %	8		8	10	9	10	12
7	Середній приріст поросят на дорощуванні, гр.	470		580	470	420	450	280
8	Тривалість дорощування від народження, днів	77		94	77	77	84	60
9	Втрати поросят на дорощуванні, %	2		6	1,5	4	3	6,0
10	Вага поросят при переведенні на відгодівлю, кг	31,3		50	30	25	29,1	17,9
11	Середній приріст поросят на відгодівлі, гр.	972		780	760	800	725	328
12	Втрати поросят на відгодівлі, %	2		0	2	3	1	4
13	Тривалість відгодівлі до 110 кг, днів	81		77	105	112	120	280
14	Сумарна тривалість відгодівлі від опитування до бійні, днів	158		171	182	189	204	340
15	Кількість поросят знятих з відгодівлі на 1 свиноматку в рік	26,1		23,4	20,4	21,9	21,0	18,2

Істотно знижені у зарубіжних колег норми площ для тварин. Так, за технологією виробництва свинини ряду європейських компаній норма площі на 1 умовну свиноматку зі поросятами становить близько 13,2 м². Вітчизняні технології в поєднанні з тваринами вітчизняної селекції вимагають близько 22–25 м².

Необхідність проведення досліджень цих нормативів безсумнівна і повинна стати предметом подальшого вивчення. Практика розробки різних проектів по закордонних технологіях і селекції дозволила виявити ряд цікавих факторів впливу продуктивності тварин на капітальні вкладення і експлуатаційні витрати.

У сучасних технологіях промислового виробництва свинини



найбільш дорогими є цехи для утримання свиноматок, особливо цех опоросу і підсисний період. Частка їх вартості в загальному обсязі інвестиційних витрат досягає 60%. Експлуатаційні витрати в 2–2,5 рази вище ніж на ділянках дорощування і відгодівлі. Вартість обладнання одного скотомісця для утримання свиноматки з підсисними поросятами перевищує 1500 €. Тому удосконалення систем утримання основного стада свиноматок необхідно приділяти особливу увагу. Вітчизняне обладнання для утримання свиноматок громіздке, матеріалоємне, не стійке до корозії.

Пропоновані закордонні технології утримання маточного стада нерідко мають на увазі фіксований зміст свиноматок протягом усього циклу відтворення. Наслідком цього є укорочений термін господарського використання тварин, що не перевищує 3–4 опоросу. Інтенсивний ремонт маточного стада, що досягає 40–50% в рік, веде до різкого зростання витрат на ремонтний молодняк [15].

У 2003 році був прийнятий загальноєвропейський закон з охорони здоров'я домашніх тварин, який передбачає обов'язковий моціон свиноматок у другому періоді поросності (від 30 до 110 днів поросності). В даний час перспективними напрямками в області проектування свинарських ферм і комплексів є поточно-турове виробництво при якому забезпечується принцип «порожньо-зайнято» з метою дезінфекції приміщень.

При цьому необхідно забезпечувати роботу системи опалення та вентиляції в кожному боксі індивідуально [15,16]. Сучасні технології передбачають утримання свиноматок після відлучення від порослят в групових станках для відпочинку та виявлення охоти. Для чого передбачається 2–3 верстата для кнурів-пробників. Запліднення проводять два рази, після чого свиноматок переводять в секції першого періоду поросності на 28–30 днів. У цих приміщеннях свиноматок утримують в індивідуальних станках з фіксацією до підтвердження поросності. Годувати їх можна сухими або вологими кормами. Системи нормованої видачі корму автоматизовані і здійснюються за допомогою індивідуальних дозаторів.

Після підтвердження поросності свиноматок переводять в приміщення поросного періоду. Існує кілька технологій утримання свиноматок в цей період, орієнтовно 77 днів. Свиноматок утримують в індивідуальних станках з фіксацією, при цьому полегшується догляд і контроль за свиноматкою, але строк продуктивного життя свиноматки, яка нерухома весь період поросності, скорочується. Поширений груповий спосіб утримання свиноматок до 12 голів в одному верстаті з системою нормованої годівлі, проте не виключається травмування свиноматок і відзначається незручність проведення огляду та профілактичних заходів.



Найбільшого поширення отримує спосіб утримання свиноматок у станках з вільним входом і виходом, що забезпечує комфортні умови утримання і природний моціон, це зміцнює м'язи опорно-рухової системи, збільшує кількість і якість живонароджених поросят. Це найбільш гуманний і ефективний спосіб утримання, але вимагає збільшення капітальних витрат при будівництві або реконструкції. Верстати забезпечують вільний вхід і вихід свиноматки, а також забезпечені дозаторами нормованої годівлі.

За 5 днів до опоросу свиноматок переводять в приміщення для опоросу. Свиноматки попередньо проходять санітарну обробку в спеціальному приміщенні. Гарні показники в опоросі – це 12–14 поросят. В середньому живих при відлученні має бути не менше 10 поросят. Свиноматка годує поросят молоком протягом усього підсисного періоду 26–28 днів.

За тиждень до відлучення поросят починають підгодовувати спеціальним комбікормом. Підсисних свиноматок з поросятами містять в уніфікованому станочному обладнанні з верстатом, що трансформується і берложкою для поросят з інфрачервоним обігрівом і лінією нормованої годівлі свиноматок. Системи сухої годівлі передбачають подачу корму за індивідуальною нормою, при цьому ніпельна напувалка розташовується безпосередньо в годівниці і свиноматка може сама регулювати вологість корму. Рекомендується передбачати підігрів підлоги в зоні розміщення поросят в берложці, що підвищує їх збереження. У 26–28 днів поросят переводять в приміщення дорошування, а свиноматок повертають в приміщення для запліднення. У приміщеннях для дорошування поросят утримують в індивідуальних станках по 25–35 голів, від 2–3 опоросів. Годівля сухими кормами «досхочу» здійснюється автоматичними годівницями системою автоматичної подачі корму. Порося качає колокол годівниці і корм дозовано висипається з бункера.

Процес годівлі супроводжується грою і споживання корму збільшується, що супроводжується підвищенням приростів. У верстатах влаштовують навіс-берложку з підігрівом підлоги, створюють локальну зону відпочинку поросят на теплій підлозі. Це підвищує безпеку і прирости, а також дозволяє значно економити енергетичні ресурси на опалення приміщень в зимовий період. При досягненні ваги 20 кг поросят переводять в приміщення другого періоду дорошування, що дозволяє забезпечувати більш високу збереженість і спрощує систему годівлі. При досягненні ваги 50 кг поросят переводять в приміщення відгодовлі. В приміщенні відгодовлі відбувається «суха» годівля із застосуванням автоматичних годівниць по технології годівлі «досхочу», з автоматичною роздачою корму. Є можливість збільшення поголів'я в існуючих приміщеннях на 25–50%



за рахунок застосування нових здвоєних годівниць на 70 голів, що знижує витрати на реконструкцію і збільшує виробництво м'яса. Перехід на годівлю «досхочу» дозволяє підвищити середньодобові прирости до 900–1000 грам., знизити витрату кормів з 5–6 кг до 2,3–2,9 кг на 1 кг приросту.

Висновки. Узагальнення вищевикладеного дозволяє сформулювати ряд основних принципів, дотримання яких дозволить підвищити ефективність виробництва свинини: 1. Організація технологічного процесу з можливістю роботи тваринницьких приміщень за принципом «порожньо-зайнято», який передбачає створення умов для проведення регулярної дезінфекції та проведення ремонту технологічного устаткування без шкоди здоров'ю тварин. 2. Забезпечення індивідуально-вигульного утримання свиноматок другої половини поросності (від 30 до 110 днів). 3. Забезпечення однорідності і сталості технологічних груп при їх переміщенні з одного технологічного ділянки на іншу, що значно знижує негативний вплив стресових факторів.

Список використаних джерел.

1. Boltyansky B. V., Boltyansky O. V. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol. 16, № 2. P. 49–54.

2. Karol C. Instalacja zgazowujaca osuszony osad sciekowy. 2011. *Motrol*. 2011. Vol. 13 (A). P. 80–93.

3. Болтянская Н. И. Гамма-ресурс для фермської техніки. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2010. Vol. 12 (b). P. 101–106.

4. Скляр О. Г., Болтянская Н. И. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник. Мелітополь: Колор Принт, 2012. 720 с.

5. Комар А. С. Організаційно-економічні заходи ресурсозбереження в молочному скотарстві. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: тези міжнар. наук.-практ. форуму*. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. С. 36–39.

6. Болтянский О. В. Зменшення витрат енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. *Крамаровські читання: зб. тез доп. II Міжнар. наук.-техн. конф.* Київ: НУБіП, 2015. С. 54–55.

7. Болтянская Н. И. Пути развития отрасли свиноводства и повышение конкурентоспособности ее продукции. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2012. Vol. 14, № 3. P. 164–175.

8. International Energy Agency, The power of transformation. Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems / International Energy Agency. Paris, 2014. 238 p.



9. Заболотько О. О. Аналіз потенційних напрямів ефективного розвитку галузі свинарства. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матеріали I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 121-127.

10. Болтянский О. В. Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2016. Vol. 18, № 13. P. 49–54.

11. Машини, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти / Р. В. Скляр, О. Г. Скляр, Д. О. Мілько, Б. В. Болтянський. Київ: Кондор, 2019. 608 с.

12. Болтянська Н. І. Залежність конкурентоспроможності галузі свинарства від технологічних параметрів продуктивності тварин. *Вісник ХНТУ ім. П. Василенка*. Харків, 2017. Вип. 181. С. 81–89.

13. Болтянський О. В. Впровадження інфрачервоного опалення, як спосіб рішення проблеми ефективного обігріву на свинарських фермах. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь, 2013. Вип. 13, т. 6. С. 166–171.

14. A novel poly (glutamic acid)/silk-sericin hydrogel for wound dressing: Synthesis, characterization and biological evaluation / L. Shi et al. *Materials Science and Engineering C*. 2009. Vol. 48 (1). P. 533–540. DOI: 10.1016/j.msec.2014.12.047.

15. Skliar O., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *Motrol: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. 2014. Vol. 16, № 2. P. 183-188.

16. Pyrolysis behavior of different type of materials contained in the rejects of packaging waste sorting plants / A. Adrados et al. *Waste Management*. 2013. Vol. 33. P. 52–59.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УТРИМАННЯ ОСНОВНОГО СТАДА СВИНОМАТОК

Н. І. Болтянська

Анотація

В статті сформульовано ряд основних принципів утримання основного стада свиноматок, дотримання яких дозволить підвищити ефективність виробництва свинини: 1. Організація технологічного процесу з можливістю роботи тваринницьких приміщень за принципом «порожньо-зайнято», який передбачає створення умов для проведення регулярної дезінфекції та проведення ремонту технологічного устаткування без шкоди здоров'ю тварин. 2. Забезпечення індивідуально-вигульного утримання свиноматок другої половини порослості. 3. Забезпечення однорідності і сталості технологічних груп при їх переміщенні з одного технологічного ділянки на іншу, що значно знижує негативний вплив стресових факторів.

Ключові слова: свинарство, утримання основного стада, виробництво свинини, ефективність.



УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНОГО СТАДА СВИНОМАТОК

Н. И. Болтянская

Аннотация

В статье сформулирован ряд основных принципов содержания основного стада свиноматок, соблюдение которых позволит повысить эффективность производства свинины: 1. Организация технологического процесса с возможностью работы животноводческих помещений по принципу «пусто-занято», который предусматривает создание условий для проведения регулярной дезинфекции и проведения ремонта технологического оборудования без ущерба здоровью животных. 2. Обеспечение индивидуально-выгульного содержания свиноматок второй половины супоросности. 3. Обеспечение однородности и устойчивости технологических групп при их перемещении с одного технологического участка на другой, что значительно снижает негативное влияние стрессовых факторов.

Ключевые слова: свиноводство, содержание основного стада, производство свинины, эффективность.

SYSTEM IMPROVEMENT CONTENTS OF THE MAIN STOCK OF PIGS

N. Boltianska

Summary

The urgency of the problem of increasing the efficiency of pork production is due to several factors: the objective needs of people in consumption of meat products, providing of food and light industry raw materials, importance of development of pig production for agricultural enterprises as a stable source of funds and expanded reproduction of the industry, create export potential in the meat budkompleks agriculture. During the studied period showed a trend to a significant reduction in sales volumes of pork. The main reasons for a significant reduction in the number of pigs in the country, in our opinion, include: disparity of prices on agricultural and industrial products; the growth of feed prices; the inability of most domestic producers to apply the latest technology content and fattening pigs, the elimination of specialized pig farms; saturation of the domestic market of raw materials of foreign production; reduction in state support. Despite the development of the industry, particular attention to technological change should be paid to the choice of the system of reproduction of the herd and the formation of the structure of the population. This statement is based on the maximum use of the biological features of pigs, that distinguish them from other animals, namely, prolificacy, fast growth, high feed and so on. The article formulates a number of basic principles of keeping the main herd of sows, which will allow to increase the efficiency of pork production: 1. Organization of technological process with the ability of the livestock buildings on the principle of "empty-busy", which envisages the creation of conditions for the holding of regular disinfection and repair of technological equipment without compromising the health of the animals. 2. Providing individually-range housing of sows in the second half of gestation. 3. To ensure the uniformity and consistency of the process teams as they move from one technological area to another, which significantly reduces the negative impact of stressors.

Key words – pig breeding, main herd keeping, pork production, efficiency.



УДК 631.311

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-11

ФОРМУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН МЕТОДАМИ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Волик Б. А., к. т. н., доц.

ORCID - 0000-0002-9861-3723

Теслюк Г. В., к. т. н., доц.

ORCID - 0000-0003-4541-5720

Коновий А. В., асп.

ORCID - 0000-0002-2155-0785

Дніпровський державний, аграрно-економічний університет

e-mail: volikb@ukr.net

Постановка проблеми. Процес розробки нових машин і технологій багато в чому базується на досвіді та інтуїції розробника. Це є необхідна, але не достатня умова успішної роботи. Одна з головних проблем – великі витрати часу і матеріальних ресурсів на доопрацювання прийнятих конструктивно-технологічних рішень з метою їх адаптації до конкретних умов експлуатації. Тому чим більше відпрацьованою буде конструкція на проектному етапі, тим менші затрати буде вимагати подальше доопрацювання. Потрібні методи, які б дозволили забезпечити отримання якісних проектних рішень. Проблема може бути вирішена шляхом використання методів моделювання технологічного процесу. Сутність моделювання полягає в заміні досліджуваного об'єкту його детальним описом, або іншим об'єктом, який забезпечує близьку до оригіналу поведінку в межах прийнятих припущень і припустимих похибок [1–4].

В галузі сільськогосподарського машинобудування традиційно використовують методи математичного і фізичного моделювання. Всі різновиди комп'ютерного моделювання в своїй основі мають математичні моделі і тому їх можна розглядати як різновид математичного моделювання. Перспективним є моделювання з застосуванням методів біоніки. Інші види моделювання, як то імітаційне, аналогове, гідродинамічне, не достатньо відпрацьовані і в основному носять ілюстративний характер [5–7].

Схематично процес розробки нового робочого органу можна представити наступним чином (рис.1.).

Аналіз останніх досліджень. 1. *Математичне моделювання.* Математичне моделювання практично ототожнюється з землеробською механікою, під якою розуміють розділ загальної механіки, який вивчає будову і кінематику механізмів, що

взаємодіють з матеріалами сільськогосподарського призначення. Фактично, землеробська механіка є систематизованою сукупністю математичних моделей, які можна поділити на фундаментальні, або такі, що вивчають загальнотеоретичні питання і прикладні, такі, що стосуються раціоналізації окремо взятого конструктивного параметру знаряддя.

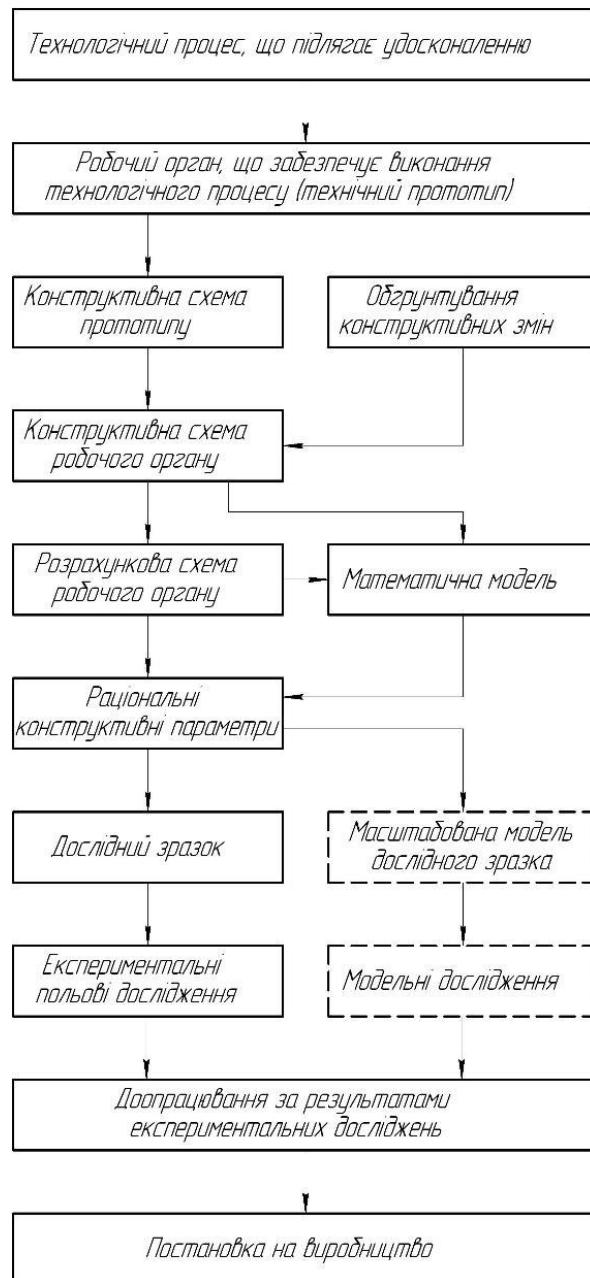


Рис. 1 Зміст і послідовність операцій по розробці робочого органу

Фундаментальні моделі не можливо використати безпосередньо для розробки робочих органів. Вони являють собою основу для прикладних моделей. Прикладна модель є підсумковим етапом



аналітичного дослідження технологічного процесу, виконуваного робочим органом. Розрахунковий курс сільськогосподарських машин [8,11] і є такою сукупністю прикладних моделей.

Головний недолік землеробської механіки як галузі знань полягає в великій кількості припущень і спрощень, які в сукупності роблять модель досить наближеною до реально протікаючих процесів. Тому, необхідним елементом є підтвердження адекватності моделі шляхом виконання лабораторних і польових експериментів. Таким чином, найбільш розумним є сумісне і одночасне використання декількох видів моделювання

Розглянемо ряд аналітичних моделей, основні положення яких можна розповсюдити на широку гаму робочих органів.

Найпростішою з них є модель, що побудована на теорії внутрішньої напруги [11]. Сутність моделі полягає в наступному.

Робочий орган функціонально поділяється на ріжучий периметр і робочі поверхні. Кромки ріжучого периметру зминають ґрунт і відділяють від загального масиву призму сколу, яка надходить на робочі поверхні. Робочі поверхні розглядають як плоскі поверхні, які з певним ступенем наближення відтворюють загальну поверхню. Поверхні сприймають тиск ґрунту, сили тертя і швидкісний напір. Таким чином загальний тяговий опір має наступні складові.

- Сила зминання ґрунту лезами ріжучого периметра;
- сила сколу призми;
- сили тиску і тертя робочих поверхонь.

Схема доволі спрощена, але дає збіжність 15-20% з результатами експериментальних досліджень [11,15,19], що достатньо для проектних розрахунків. Але головне полягає в тому, що модель дає співвідношення між конструктивними параметрами, кінематичним режимом роботи і механіко-технологічними властивостями ґрунту, що надає можливості отримати критерії подібності.

В роботі А. М. Семенюти [14] поверхня робочого органу розглядається як сукупність нескінченно малих клинів, які в сумі дають ріжучий периметр і робочу поверхню. Перевага полягає в тому, що такі клини можна розглядати як плоскі з індивідуальними кутами постановки до напрямку руху і вертикалі. Складові тягового опору таких клинів розраховують аналогічні до [11], складові загального опору визначаються шляхом інтегрування.

В роботі В. І Ветохіна [9] побудова форми поперечного профілю робочої поверхні клину здійснюється як відображення деформації денної поверхні шару ґрунту

Деформування реальних ґрунтів в процесі обробітку клиновидним робочим органом супроводжується утворенням на



робочій поверхні проміжного тіла з об'єму ущільненого ґрунту, яке, як посередник, передає навантаження до іншого об'єму шару ґрунту. Форма робочої поверхні, побудована по будь-якій з відомих методик, є вихідною і корегується в процесі взаємодії із ґрунтом за рахунок обміну об'ємом між робочим органом та скибою ґрунту.

Відміна полягає в тому, що, при розрахунках за методиками [11,14], складову сил тертя треба визначати у відповідності до коефіцієнта внутрішнього, а не зовнішнього тертя.

Наведені методики мають один спільний недолік – модель ґрунтового середовища не має єдиного інтегрального показника механіко-технологічних властивостей, тому в критеріях подібності доводиться відмовлятися від окремих менш впливових

2. Фізичне моделювання

Методи фізичного моделювання стосовно ґрунтообробних машин найбільш повно відпрацьовані В. І. Баловневим. Не зважаючи на подальші роботи учнів і послідовників основні ідеї до теперішнього часу лишаються незмінними. Сутність методу полягає в тому, що досліджується не натурний зразок робочого органу, а його зменшена копія

В основі фізичного моделювання лежить теорія подібності. Необхідними умовами фізичного моделювання є геометрична подібність (подібність форми) і фізична подібність моделі і природи. Наявність такої пропорційності дозволяє робити перерахунок експериментальних результатів, одержуваних для моделі, на натуру шляхом множення кожної з визначених величин на постійний для всіх величин даної розмірності множник - коефіцієнт подібності.

В роботі [15] зроблені перші спроби аргументувати критерії подібності, які б враховували не тільки геометричну подібність, а і подібність модельного середовища для проведення таких досліджень

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{C_1}{C_2} \quad (1)$$

де B_1 і B_2 характерний конструктивний розмір відповідно знаряддя і його моделі;

V_1 і V_2 - робочі швидкості

C_1 і C_2 - питома зчеплення часток ґрунту і модельного середовища

А. М. Панченко [17] на основі теорії внутрішньої напруги запропонував наступний критерій подібності



$$\frac{B_1 \cdot C_1}{V_1} = \frac{B_2 C_2}{V_2} \quad (2)$$

Недолік такого уявлення полягає в тому, що узагальнені критерії мають розмірність, а це з точки зору теорії подібності [18] не припустиме, бо критеріальне рівняння в загальному випадку носить степеневий характер. Але, якщо критеріальне рівняння лінійне, то рівняння (2) цілком працездатне.

В роботі [12] на основі аналізу розмірностей математичної моделі запропоноване наступне критеріальне рівняння яке пов'язує конструктивно-кінематичні параметри робочого органу і оброблюваного середовища.

$$K_{\text{ПН}} = \frac{F_H \cdot g}{C_H \cdot V_H^2 \cdot L_H} = \frac{F_M \cdot g}{C_M \cdot V_M^2 \cdot L_M} = K_{\text{ПМ}}, \quad (3)$$

де F_M, F_H - тяговий опір відповідно моделі і натурального зразка корпусу;

C_M, C_H - питоме зчеплення часток модельного середовища і ґрунту;

V_M, V_H - поступова швидкість відповідно моделі і натурального зразка машини;

$K_{\text{ПМ}}, K_{\text{ПН}}$ - критерії подібності моделі і натурального зразка машини

L_M, L_H - визначальний розмір (ширина захвату) моделі і натурального зразка машини;

Таким чином, розрахункова формула для визначення прогнозованого тягового опору за результатами модельних досліджень буде мати наступний вид

$$F_H = \varepsilon \cdot F_M \cdot \frac{C_H}{C_M} \cdot \frac{V_H^2}{V_M^2} \cdot \frac{L_H}{L_M}, \quad (4)$$

де $\varepsilon=0,1$ - узгоджувачий коефіцієнт. Справа в тому, що критерії подібності отримуються на основі теорії аналізу розмірностей і просто слугують підтвердженням подібності процесів, що досліджуються з точністю до узгоджувачих коефіцієнтів [15].

Коефіцієнт ε отримується з аналізу теорії, на основі якої побудований критерій подібності.

3. Моделювання на основі методів біоніки

Методи біоніки можуть бути використані на етапах обґрунтування і розробки конструктивної схеми знаряддя. Біоніка – розділ кібернетики, пов'язаний з побудовою технічних пристроїв і систем, а також з вирішенням різних інженерних задач на основі



вивчення функціонування органів і систем живої природи. Застосування методів біоніки широко практикується в таких галузях, як архітектура, літако- та кораблебудування. В галузі сільського господарства основні ідеї біонічного моделювання започатковані А. Н. Гудковим. Подальший розвиток напрямку належить школі Л. Ф. Бабицького [8]

Основні принципи поєднання біонічного і математичного моделювання проаналізовані в роботі [12]. Сутність полягає в виконанні геометричної моделі тіла тварини з наступною адаптацією до роботи в умовах ґрунтового середовища.

Успішність роботи напряму від раціональності прийнятого біологічного аналогу, який обирається у відповідності до елементів ідентифікації, під якими розуміють органи або частини тіла тварини, які схожі за зовнішнім видом з елементами робочої поверхні технічного прототипу або виконують подібні функції. Біологічний аналог - тварина, тіло якої має найбільшу кількість елементів ідентифікації з технічним прототипом. В якості технічного прототипу приймається робочий орган або машина, що виконує технологічний процес, який підлягає удосконаленню.

У відповідності до [12] будується ряд моделей біологічного аналогу, починаючи від геометричної і закінчуючи фізичною і математичною. А вже дві останні являють собою основу для розробки раціонального натурального зразка робочого органа.

Формулювання цілей статті. Підвищити ступінь відповідності модельних досліджень до реального технологічного процесу.

Основна частина. Система моделювання у відповідності до наведеної схеми (рис.1.) має дві проблемні позиції: Відсутність аргументованого механізму генерації ідей по модернізації технічного прототипу. Недосконалість математичних моделей адаптації конструктивних змін до роботи в умовах ґрунтового середовища.

Першу проблему нами пропонується вирішити застосуванням методів біоніки. Другу – розробкою універсальної математичної моделі взаємодії з ґрунтом робочого органу довільної геометричної форми. Схема модельних досліджень прийме наступний вид (рис.2). Внесення в схему інших видів моделювання, наприклад, гідродинамічного вважаємо не доцільним, бо тіло біологічного аналогу і так добре відпрацьоване за тривалий час еволюції в природному середовищі. Моделювання в середовищі 3D, знову ж таки, вимагає наявності адекватної математичної моделі. Таким чином, все замикається на необхідності створення математичної моделі. Таким чином, конструктивне рішення приймається на основі аналізу будови тіла біологічного аналогу, а математична модель слугує інструментом його адаптації до роботи в умовах ґрунтового

середовища. Розглянемо процес формування конструкції робочого органу за наведеною схемою.

За глибиною можна виділити п'ять основних видів обробітку ґрунту – поверхневий (до 8 см); – невеликий (від 8 до 16 см); – середній (від 16 до 24 см); – глибокий (понад 24 см); – дуже глибокий, або меліоративний (понад 40 см).

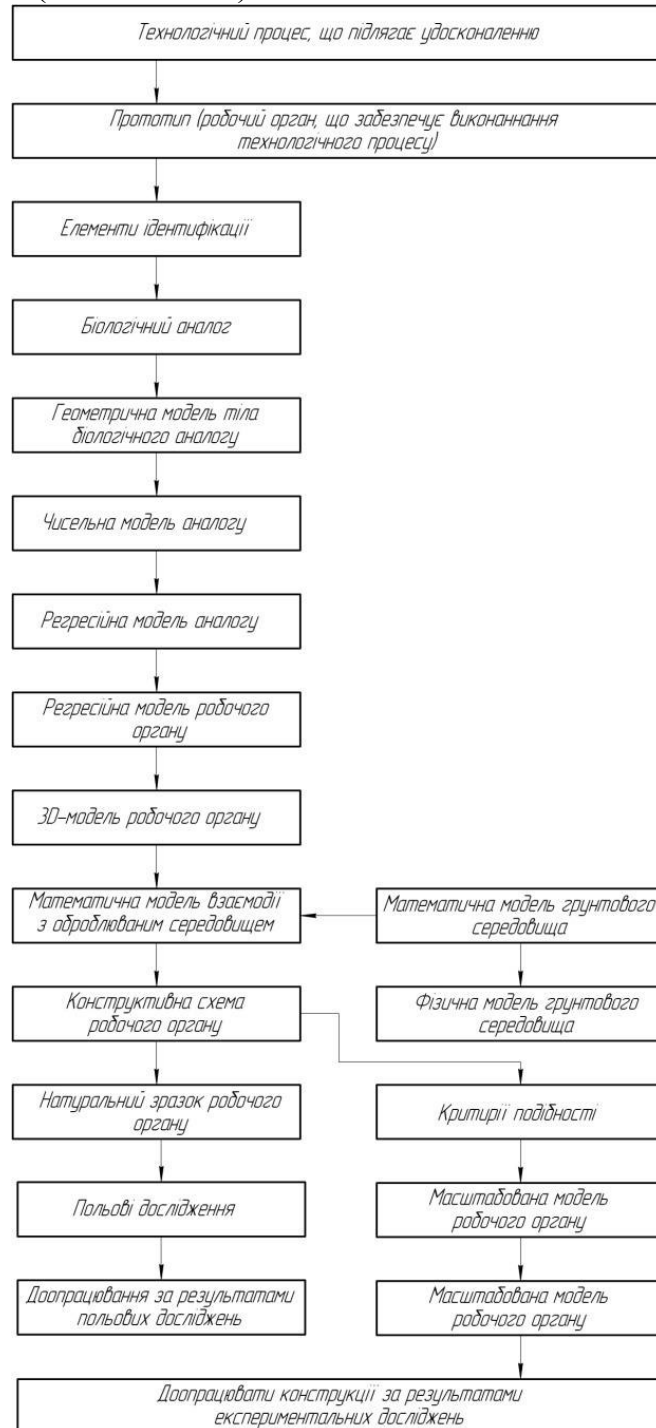


Рис. 2. Схема модельних досліджень з використанням методів біоніки

Робочі органи для виконання кожного з видів незалежно від конструктивного виконання можна представити як сукупність певним чином зорієнтованих у просторі елементарних клинів. Лобова загострена частина є елементарне лезо, геометрична сума елементарних лез дає ріжучий периметр. Сума елементарних граней дає робочі поверхні знаряддя. Взаємодія елементарного леза з ґрунтовим середовищем може бути представлена наступним чином (рис.3.).

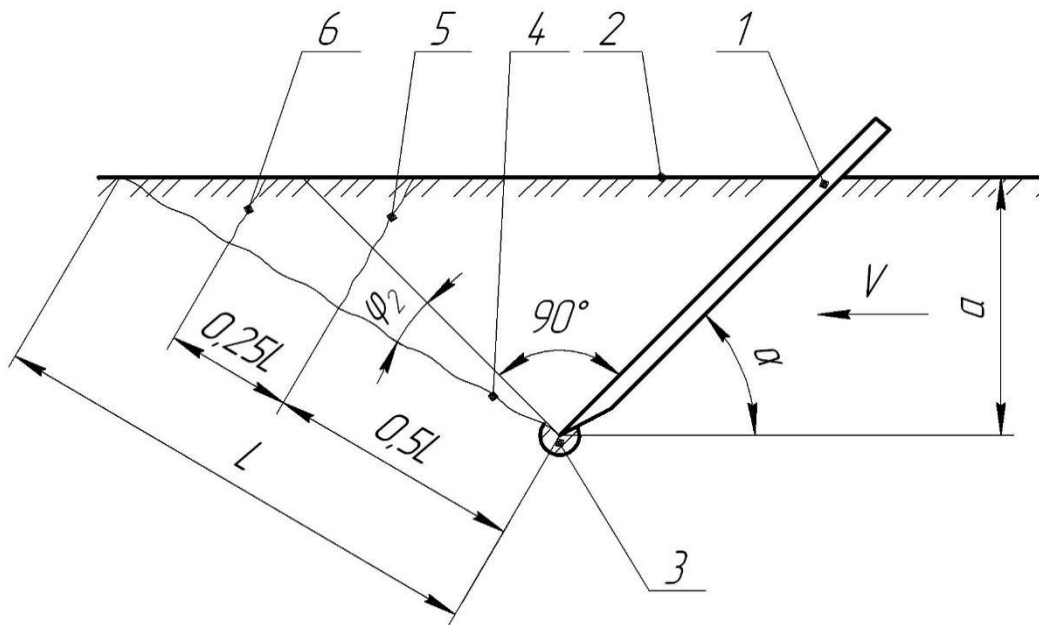


Рис. 3. Розрахункова схема взаємодії леза елементарного клина з ґрунтовим середовищем :

1 – елементарний клин; 2 – рівень денної поверхні; 3 – зона змінання; 4 – пріоритетний напрямок поширення лінії сколу; 5, 6 – розгалуження лінії сколу

Поширення тріщин (ліній сколу) у ґрунті відбувається у поперечно-вертикальній площині під кутом φ_2 до вертикалі, де φ_2 - кут внутрішнього тертя, у повздовжно-вертикальній площині під кутом $90^\circ + \varphi_2$ до ріжучого леза;

Первинний напрямок розповсюдження тріщини є пріоритетним і в процесі розповсюдження не змінюється;

Помістимо носок долота в початок системи координат таким чином, що вісь X перпендикулярна напрямку руху, Y – співпадає з напрямком руху.

Елементарне лезо відокремлює від загального масиву елементарну призму сколу. Сила сколу



$$dF = C_p \cdot \frac{a \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_2)}{\cos(\alpha + \varphi_2)} \cdot dx, \quad (5)$$

де dx – ширина долота;

(C_p – питоме зчеплення часток ґрунту

$$\text{Рівняння профілю леза робочого органу } y = f(x) \quad (6)$$

Залежність кута атаки клина від координати положення його носка на профілі ріжучого периметра

$$\alpha = f_{2(x)} \quad (7)$$

Таким чином, після математичних перетворень загальна діюча на робочий орган сила буде дорівнювати

$$F = \int_0^B \frac{\operatorname{tg}(f_{2(x)} + \varphi_2)}{\cos(f_{2(x)} + \varphi_2)} \cdot f_x \cdot dx \quad (8)$$

Далі, виконавши шляхом чисельного інтегрування розрахунки для різних варіантів залежностей (6) і (7) знаходимо їх раціональні значення

Висновки. Аналітичними дослідженнями доведена раціональність на етапі обґрунтування конструктивних параметрів ґрунтообробних знарядь сумісного використання методів математичного, фізичного і біонічного моделювання.

Підтверджена правомірність прийняття за основу математичної моделі теорії внутрішньої напруги і теорії підпірної стінки.

Список використаних джерел.

1. Boltyansky B. V., Boltyansky O. V. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol. 16, № 2. P. 49–54.

2. Rogovskii I. Stochastic models ensure the efficiency of agricultural machines. *MOTROL*. 2014. Vol. 16, № 3. P. 296-302.

3. Boltyanska N. Ways to Improve Structures Gear Pelleting Presses. *TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. 2018. Vol. 18, № 2. P. 23–29.

4. Boltyanskaya N. I. The development of the pig industry and the competitiveness of its products. *MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2012. Vol. 14, № 3 (b). P. 164-175.

5. Rogovskii I. Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. *MOTROL*. 2016. Vol. 18, № 3. P. 155-164.



6. Lovejkin V. S., Shumilov G. V. Optimization of the mode of change of a departure of the tower crane behind single kinematic criteria. *MOTROL. Motorization and power industry in agriculture*. 2011. Vol. 13 (b). P. 167-174.

7. Boltyanskaya N.I. The dependence of the competitiveness of the pig industry from it-chnology parameters of productivity of the animals. *Bulletin of Kharkov national University-University of agriculture after Petro Vasilenko*. Kharkov. 2017. Vol. 18. 81-89.

8. Бабицкий Л. Ф., Москалевич В. Ю., Соболевский И. В. Основы бионических исследований: учебник. Симферополь: Антиква, 2014. 328 с.

9. Бабицкий Л. Ф., Москалевич В. Ю., Соболевский И. В. Основы бионических исследований: учебник. Симферополь: Антиква, 2014. 328 с.

9. Ветохін В. І. Системні та фізико-механічні основи проектування розпушувачів ґрунту: автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.05.11 Глеваха, 2010. 40 с.

10. Сільськогосподарські та меліоративні машини: підручник / Д. Г. Войтюк та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2004. 544 с.

11. Кобець А. С., Волик Б. А., Пугач А. М. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія. Дніпропетровськ: Свідлер, 2011. 140 с.

12. Обґрунтування конструктивної схеми стрільчастої лапи на основі біологічного прототипу / Є. В. Михайлов та ін. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 3. С. 37-46. DOI:10.31.388/2078-0877-19-3-37-45.

13. Петросов Д. А., Игнатенко В. А. Поэтапное моделирование технологических процессов с использованием интеллектуального структурно-параметрического синтеза. *Фундаментальные исследования*. 2017. №12 (1). С. 97-102. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41986> (дата звернення: 12.04.2020).

14. Семенюта А. М. Обґрунтування конструктивної схеми, параметрів та режимів роботи дискового плуга: автореф. дис... канд.. техн. наук. Мелітополь, 2014. 23 с.

15. Сокол С. П., Волик Б. А. Формування конструктивних параметрів ґрунтообробних машин методами фізичного моделювання: *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. Харків, 2019. Вип. 198. С. 39-46.

16. Совершенствование технологического процесса обработки почвы, снижающего водную и технологическую эрозию на склоновых



землях / Н. М. Соколов и др. *Успехи современного естествознания*. 2018. № 11(2). С. 299-304. URL: <https://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=8144> (дата обращения: 12.04.2020).

17. Мударисов С. Г. Повышение качества обработки почвы путем совершенствования рабочих органов машин на основе моделирования технологического процесса: автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.20.01. Челябинск, 2007. 32 с.

18. Штерензон В. А. Моделирование технологических процессов: конспект лекций. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2010. 66 с. URL: <https://www.rsvpu.ru/filedirectory/3468/shterenзон.pdf> (дата обращения: 12.02.2020).

19. Studies On a long soil bin for soil-tool interaction / A. Mardani et al. *Agronomic Research in Moldova*. 2014. № 2(142). P. 5-10.

ФОРМУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН МЕТОДАМИ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

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

Анотація

В роботі розглянуто основні принципи моделювання технологічних процесів ґрунтообробних машин як методичної основи адаптації їх конструктивних параметрів до виконання технологічного процесу з точки зору мінімізації тягового опору і отримання раціональних показників кришення і розпушення ґрунтового середовища. Наведено результати аналітичних досліджень. Запропоновано схема сумісного використання різних видів моделювання, як то математичного, фізичного і біонічного. Запропоновано математична модель взаємодії з ґрунтом робочого органу довільної геометричної форми на основі суперпозиції нескінченно малих складових ріжучого периметра і робочих поверхонь. Підтверджено правомірність використання в математичній моделі основних положень теорії внутрішньої напруги. Деталізовано принципи переходу від регресійної моделі біологічного аналогу до математичної моделі взаємодії з ґрунтом реального робочого органу. Наведено приклади елементів ідентифікації технічного прототипу і біологічного аналогу.

Ключові слова: обробіток ґрунту, моделювання, критерії подібності, тяговий опір, кришення, розпушення, біоніка.

ФОРМИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН МЕТОДАМИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Волик Б. А., Теслюк Г. В., Коновой А. В.

Аннотация

В работе рассмотрены основные принципы моделирования технологических процессов почвообрабатывающих машин как методической основы адаптации их конструктивных параметров к выполнению технологического процесса с точки зрения минимизации тягового сопротивления и получения рациональных



показателей крошения почвенной среды. Приведены результаты аналитических исследований. Предложена схема совместного использования различных видов моделирования, таких как математическое, физическое и бионическое. Предложена математическая модель взаимодействия с почвой рабочего органа произвольной геометрической формы на основе суперпозиции бесконечно малых составляющих режущего периметра и рабочих поверхностей. Подтверждена правомерность использования в математической модели основных положений теории внутреннего напряжения. Детализированы принципы перехода от регрессионной модели тела биологического аналога к математической модели взаимодействия с почкой реального рабочего органа. Приведены примеры элементов идентификации технического прототипа и биологического аналога.

Ключевые слова: обработка почвы, моделирование, критерии подобия, тяговое сопротивление, крошение, разрыхление, бионика.

FORMATION OF DESIGN PARAMETERS OF TILLAGE MASINES BY METSODS OF PROCESS MODELING

B. Volik, H. Tesliuk., A.Konoviy

Summary

The paper discusses the basic principles of modeling technological processes of tillage machines as a methodological basis for adapting their design parameters to the implementation of the technological process from the point of view of minimizing traction resistance and obtaining rational indicators of soil crumbling. The results of analytical studies are presented. A scheme for sharing various types of modeling, such as mathematical, physical, and bionic, is proposed. In the course of research, it was confirmed that such a combination is most effective, provided that adequate mathematical and physical models of the soil environment are available. A mathematical model of interaction with the soil of a working body of an arbitrary geometric shape based on a superposition of infinitesimal components of the cutting perimeter and working surfaces is proposed. The model is based on the patterns of propagation of cleavage lines when an elementary wedge moves in the medium of the blade and the reaction of its surface as a retaining wall. It is substantiated that a number of the accepted assumptions, namely, that the specific adhesion of soil particles can serve as a single integral indicator of its mechanical and technological properties, the resistance to crack propagation is constant along its entire length, and the soil reaction does not depend on the direction of application of the force.

The legitimacy of using the basic principles of the theory of internal stress in a mathematical model is confirmed. The principles of the transition from a regression model of the body of a biological analogue to a mathematical model of interaction with the soil of a real working body are detailed. Examples of identification elements of a technical prototype and biological analogue are given. A technique for creating a system of tillage machines for various types of tillage on a unified methodological basis is proposed.

Key words: tillage, modeling, similarity criteria, traction resistance, crumbling, loosening, bionics.



УДК 631.37

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-12

МЕТОДОЛОГІЯ ПЕРЕВІРКИ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ АГРОМОСТОВИХ СИСТЕМ НА АДЕКВАТНІСТЬ

Кувачов В. П., к. т. н.,

ORCID: 0000-0002-5762-256X

Мітков В. Б., к. т. н.,

ORCID: 0000-0002-3652-0687

Ігнат'єв Є. І., к. т. н.,

ORCID: 0000-0003-0315-1595

Аюбов А. М., к. т. н.

ORCID: 0000-0002-4969-044X

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: volodymyr.kuvachov@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасний розвиток науки і техніки неможливо уявити без широкого застосування методів математичного моделювання. В останні роки математичне моделювання, як метод дослідження складних технічних систем в землеробстві, знаходить широке застосування для вирішення різних задач. До останніх можна віднести дослідження нових спеціалізованих ширококоліїних мостових агрозасобів для забезпечення їх функціонування за принципами колійного і мостового землеробства [1–3]. На думку багатьох учених такі мостові агрозасоби є перспективою переходу від традиційних тракторно-комбайнових технологій до «цехового» землеробства [4].

На сучасному етапі науково-технічного прогресу практична відсутність діючих дослідних зразків мостових агрозасобів ускладнює завдання вивчення їх властивостей з метою обґрунтування їх схем, а також конструктивних та інших параметрів. Тому заміна мостового агрозасобу аналогом або математичною моделлю для проведення досліджень дозволяє вивчити і отримати цінну наукову інформацію про нього за допомогою програмно-алгоритмічних засобів і ПК. При цьому слід врахувати тільки одну головну обставину, що скористатися перевагами методології математичного моделювання для вивчення функціонування таких нових технічних систем можна лише за умови адекватного відображення фізичної реальності в математичних і комп'ютерних моделях.

Аналіз останніх досліджень. За умови застосування сучасних програмних середовищ (наприклад, Mathematica, Statistica, Mathcad, MS Excel тощо) перевірка регресійних математичних моделей на адекватність є процедурою формалізованою [5]. У вказаних пакетах



прикладних програм вона здійснюється у декілька етапів, як правило, за таким алгоритмом:

- спочатку знаходять дисперсію адекватності функції відгуку;
- розраховують дійсну значину F-критерію Фішера;
- визначають числа ступенів вільності;
- задаються рівнем статистичної значущості;
- знаходять критичну значину критерію Фішера, яку порівнюють із дійсною.

Однак вказаний формалізований методологічний підхід перевірки математичних моделей на адекватність є не завжди прийнятним і можливим для його здійснення. Так, наприклад, при моделюванні поведінки динамічних систем, найбільш вдалим та інформативним є застосування методів статистичної динаміки та теорії автоматичного регулювання лінійних динамічних систем при відтворенні ними статистично випадкових керуючих та збурювальних вхідних впливів. За цією методологією на основі складених диференціальних рівнянь укладаються передаточні функції, а потім розраховуються амплітудно-частотні характеристики [6–10]. Водночас оцінювання адекватності теоретичних амплітудно-частотних характеристик відпрацювання досліджуваною динамічною системою вхідного збурення представляє доволі складну задачу. Її складність обумовлена неможливістю застосування формалізованої процедури програмної перевірки на адекватність. Науковцем В. Т. Надикто у своїх публікаціях [11–13] представлено методику перевірки на адекватність математичних моделей, рішення яких представлено амплітудно-частотними характеристиками відпрацювання машинно-тракторним агрегатом зовнішніх збурень, які діють на нього. Але сам алгоритм апаратного пошуку та формалізації вхідних і вихідних параметрів представлений в його наукових працях недостатньо повно.

Формулювання мети статті. Апробація методології перевірки на адекватність результатів математичного моделювання функціонування спеціалізованих ширококоліїних агросасобів мостового типу з використанням положень теорії автоматичного регулювання динамічних систем задля підвищення якості цієї процедури.

Методика досліджень. Продемонструємо методику перевірки на адекватність математичних моделей функціонування спеціалізованого ширококоліїного агросасобу мостового типу у вертикальній і горизонтальній площинах на адекватність для залежностей, які побудовані з аналізом їх рішення у наукових працях [14, 15].

Перевірку математичної моделі горизонтальних коливань спеціалізованого ширококоліїного агросасобу на адекватність проведемо шляхом порівняння теоретичних $A_T(\omega)$ та

експериментальних $A_E(\omega)$ амплітудно-частотних характеристик коливань його курсового кута φ і поперечного зміщення x_s (як вихідних величин) при відпрацюванні ним (агрозасобом) вхідного керуючого впливу. В якості останнього виступає рушійна сила коліс одного із бортів P_{ob} агрозасобу при бортовому силовому способі його повороту, яку змінювали шляхом відключення живлення в приводі його коліс з одного борту. Перевірку математичної моделі вертикальних коливань агрозасобу на адекватність здійснювали шляхом порівняння теоретичної $S_{Ta}(\omega)$ і експериментальної $S_{Ea}(\omega)$ нормованих спектральних щільностей вертикальних коливань остова спеціалізованого ширококолісного агрозасобу. За вхідний параметр було прийнято коливання нерівностей поздовжнього профілю слідів постійної технологічної колії по якій рухається агрозасіб, а за вихідний – коливання його остова в місці над задніми його колесами.

Теоретичні амплітудно-частотні характеристики коливань курсового кута φ і поперечного зміщення x_s агрозасобу при відпрацюванні ним керуючого впливу при силовому способі його керування, а також відтворення ним коливань нерівностей профілю шляху, розраховували, використовуючи при цьому відповідні передаточні функції [14, 15].

Для визначення експериментальної амплітудно-частотної характеристики в польових умовах проводили дослідження спеціалізованого ширококолісного агрозасобу конструкції ТДАТУ в агрегаті з зубовими боронами (типу БЗСС-1,0) (рис. 1), які конструктивно виконанні по типу борони «Надикти-Аюбова».



Рис. 1. Спеціалізований ширококолісний агрозасіб ТДАТУ в складі боронувального агрегату під час проведення досліджень



Для проведення досліджень використовувалася спеціально обладнана лабораторія для випробування агрозасобу. В умовах цієї лабораторії була штучно створена на ґрунті постійна технологічна колія. Поздовжній профіль нерівностей якої був остаточно сформований багатократними проходами рушіїв агрозасобу по ним.

Керування спеціалізованим ширококоліїним агрозасобом здійснювалося оператором в ручному режимі. Принцип керування агрозасобу полягав в тому, що при його відхиленні від прямолінійного руху по слідах постійної технологічної колії оператор відслідковує рух точки керування. В цій ролі виступав центр колеса одного із бортів агрозасобу на рівні опорної поверхні, яка пролягає через центральну лінію сліду шини, паралельну поздовжній площині агрозасобу. Задача керування агрозасобу полягала в тому, щоб центр його колеса на рівні опорної поверхні був якомога ближчим до осі симетрії постійної технологічної колії.

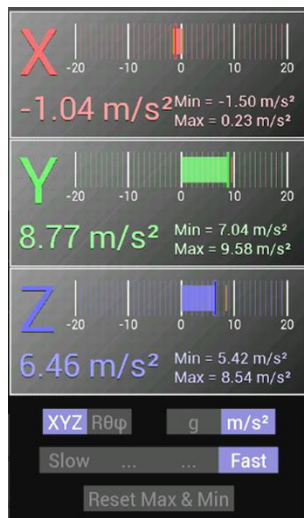
Відхилення траєкторії точки візування коригувалося оператором шляхом зменшення (практично до нуля) величини дотичної сили тяги P_{dl} на колесах агрозасобу одного борту. Зокрема, якщо відбувалося правостороннє відхилення агрозасобу від напрямку його руху, то дотична сила тяги зменшувалася на колесах лівого борту, і навпаки. В результаті цієї дії оператора через певний час агрозасіб відповідним чином змінює курсовий кут. З цього випливає, що бажана керованість руху розглядуваного ширококоліїного агрозасобу матиме місце тоді, коли за встановленою швидкістю його руху, тривалість керуючого впливу (зменшення дотичної сили тяги на колесах одного борту) буде достатньою, щоб агрозасіб без запізнення у часі був здатний компенсувати амплітуду його курсового кута або поперечного зміщення без виїзду коліс за межі встановленої ширини постійної технологічної колії.

Під час робочого руху агрозасобу з допомогою аналого-цифрового перетворювача і ПК та мобільного комунікатора синхронно реєстрували:

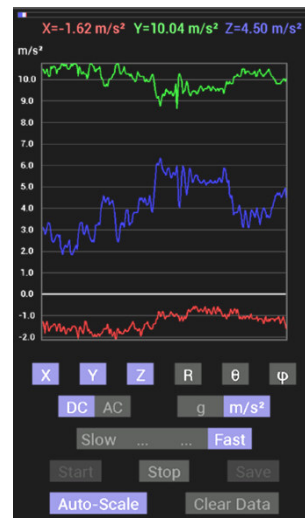
- курсовий кут φ (град.) агрозасобу;
- вертикальні прискорення Z (м/с²) остова агрозасобу;
- тривалість τ_{Pdl} (с) впливу на дотичну сили тяги на колесах агрозасобу з одного його борту для відновлення його прямолінійного руху внаслідок відхилення від нього, що визначало коливання керуючого впливу.

Перші два параметри під час проведення експериментальних досліджень реєстрували за допомогою мобільного комунікатора з операційною системою Android. В цьому програмному середовищі за допомогою спеціального додатка Accelerometer Meter (версія 1.32) отримувалися оцифровані вихідні сигнали та їх частотний спектр від

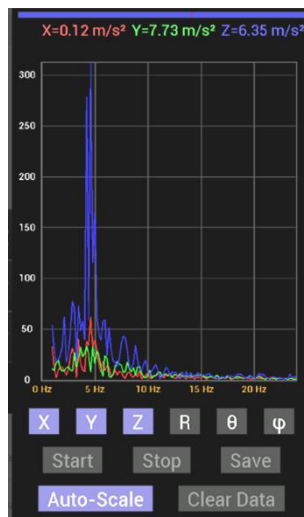
датчиків акселерометра, які вбудовані в мобільний комунікатор, за часом (рис. 2).



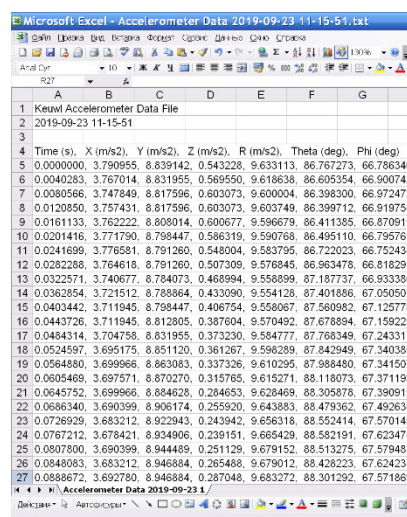
а)



б)



в)



д)

Рис. 2. Інтерфейс програмного середовища Accelerometer Meter на базі Android: а – вимірювання курсового кута φ і вертикального прискорення Z ; б – функція запису вимірювання вихідних параметрів; в – розподілення амплітуд вихідних параметрів по частотам; д – результати експортовані у формат «.txt»

Також під час експериментальних досліджень після робочого руху агрозасобу вимірювали амплітуду x_s його поперечного відхилення від осі симетрії постійної технологічної колії. За для цього визначали середину слідів його коліс з одного боку внаслідок їх відхилення від прямолінійного руху і вимірювали найкоротшу відстань від неї до осі симетрії постійної технологічної колії.

Характеристики коливань нерівностей поздовжнього профілю слідів постійної технологічної колії реєстрували з допомогою



автоматизованого профілографа з АЦП і ПК за методикою, яка ґрунтовно викладена в [16].

Із отриманих реалізацій визначали такі статистичні характеристики, як середні квадратичні відхилення та нормовані спектральні щільності за методикою, яка представлена в [16].

Експериментальну амплітудно-частотну характеристику агрозасобу розраховували із виразу [5]:

$$A(\omega) = \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \cdot \left(\frac{S_y(\omega)}{S_x(\omega)} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

де σ_x , $S_x(\omega)$ – середнє квадратичне відхилення і нормована спектральна щільність вхідної величини;

σ_y , $S_y(\omega)$ – середнє квадратичне відхилення і нормована спектральна щільність вихідної величини;

ω – частота коливань керуючого впливу, с^{-1} .

Теоретичну спектральну щільність коливань вихідного параметру знаходили із виразу [5]:

$$S_T(\omega) = \frac{A_T(\omega)^2 \cdot S_x(\omega) \cdot D_x}{D_y}, \quad (2)$$

де $S_x(\omega)$, D_x – нормована спектральна щільність та дисперсія коливань вхідної величини;

D_y – дисперсія коливань вихідної величини.

Дисперсії характеристик випадкових процесів на виході лінійної динамічної системи знаходили із виразу:

$$D_y = \int_{\omega_{\text{поч}}}^{\omega_{\text{зр}}} S_y(\omega) d\omega, \quad (3)$$

де $\omega_{\text{поч}}$, $\omega_{\text{зр}}$ – початкове значення частоти діапазону дослідження спектральних характеристик і частота зрізу (або кінцеве значення частоти в діапазоні дослідження характеристики).

Оскільки ордината спектральної щільності коливань вертикальних прискорень остова агрозасобу має одиницю вимірювання $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$, що є реалізацією сигналів від датчиків акселерометра, то для переходу до лінійної амплітуди z_y (м) ординати точок згадуваної спектральної щільності, з деяким припущенням та достатньою при цьому точністю, перераховували наступним чином:

$$z_y = \frac{Z \cdot T^2}{2},$$

де Z – прискорення вертикальних коливань за даними програмного середовища Accelerometer Meter, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$;

T – час, який дорівнює довжині кореляційного зв'язку щільності прискорень вертикальних коливань агрозасобу, с.

Про кількісну статистичну оцінку адекватності порівнянних теоретичних та експериментальних даних робили висновок за F -критерієм Фішера. Згідно цього критерію перевірялася гіпотеза про рівність порівнюваних дисперсій (теоретичної та експериментальної) коливань вихідної величини. Якщо розраховане значення F -критерію Фішера менше за критичне значення, то нуль гіпотеза про рівність порівнюваних дисперсій не відхилялася (на певному статистичному рівні значущості). Останнє визначалося з допомогою функції ФРАСПОБР у середовищі Microsoft Office Excel 2003. При цьому числа ступенів вільності обиралися рівними 10, оскільки за такою кількістю точок кореляції будувалися графіки спектральної щільності коливань розглядуваних вхідних та вихідних параметрів. В такому випадку критична значина F -критерію Фішера на статистичному рівні значущості 0,05 становить 2,97, а на рівні 0,01 – відповідно дорівнює 4,84.

Основна частина. Як показав аналіз отриманих та оброблених експериментальних даних, спектр коливань керуючого впливу під час виконання агрозасобом робочого руху є низькочастотним (рис. 3). Основний спектр дисперсій цього параметра зосереджений в діапазоні частот $0 \dots 2 \text{ с}^{-1}$, що відповідає частотам $0 \dots 0,32 \text{ Гц}$. Середнє квадратичне відхилення керуючого впливу дорівнює $\pm 1200 \text{ Н}$. Практично в такому ж діапазоні частот сконцентрована і дисперсія коливань вихідного параметру, тобто курсового кута φ агрозасобу (рис. 3). Стандарт коливань цього параметру дорівнює $\pm 0,014 \text{ рад}$

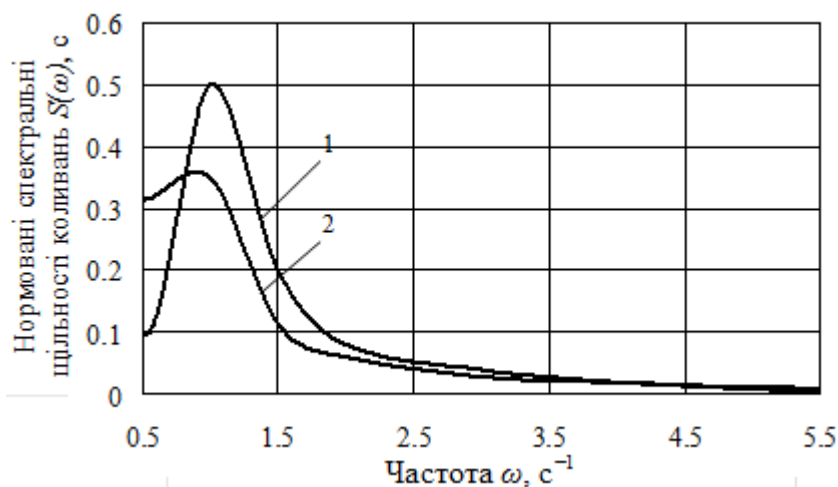


Рис. 3. Нормовані спектральні щільності коливань дотичної сили тяги (1) агрозасобу та його курсового кута (2)

Подальший розрахунок експериментальної амплітудно-частотної характеристики ширококолійного агрозасобу і її порівняння з теоретичною (рис. 4) показав, що в робочому діапазоні частот

(0...2) с^{-1} розбіжність між коливаннями вхідного і вихідного сигналів не перевищує 15%.

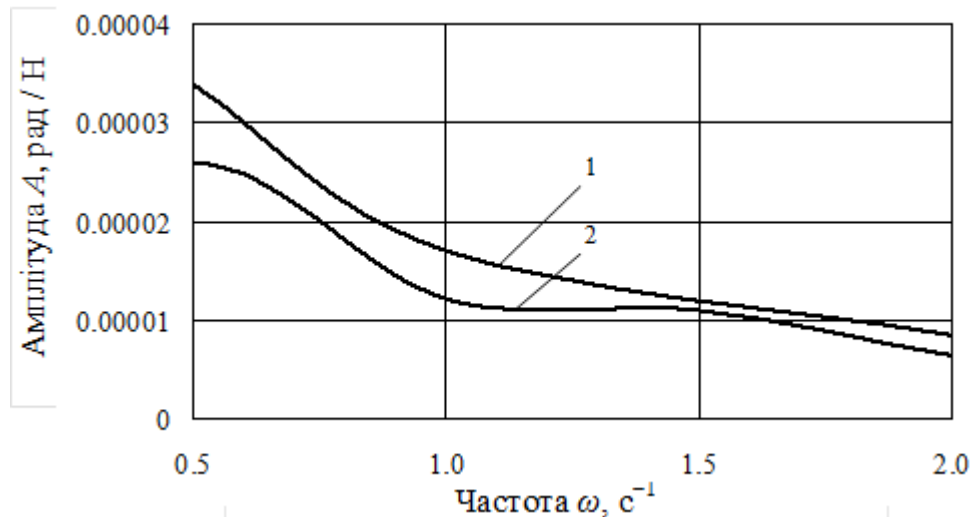


Рис. 4. Теоретична (1) та експериментальна (2) амплітудно-частотні характеристики коливань курсового кута φ при відпрацюванні агрозасобом в складі боронувального агрегату керуючого впливу

Результат кількісної оцінки даних характеристик показав, що за F-критерієм Фішера нуль-гіпотеза про рівність порівнювальних дисперсій ($1,57 \text{ с}^2$ і $1,67 \text{ с}^2$) не відхиляється як на статичному рівні значущості 0,05, так і рівні 0,01.

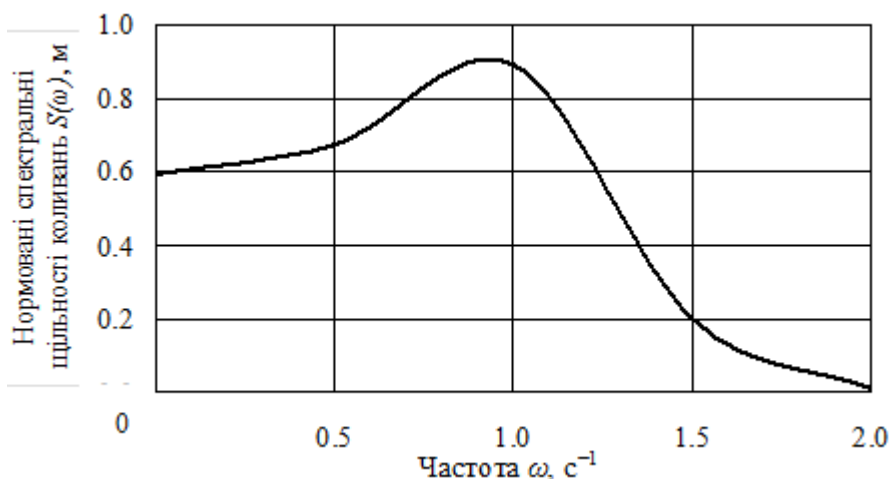


Рис. 5. Нормовані спектральні щільності коливань лінійного поперечного зміщення x_s агрозасобу

Коливання поперечного зміщення спеціалізованого ширококоліяного агрозасобу в складі боронувального агрегату під час виконання ним робочого руху також є низькочастотними (рис. 5). Основний спектр дисперсій зосереджений в діапазоні частот 0...2 с^{-1} . Стандарт коливань цього параметру дорівнює $\pm 0,05 \text{ м}$.

Розрахунок експериментальної амплітудно-частотної характеристики за (1) і її порівняння з теоретичною показав (рис. 6),

що в робочому діапазоні частот ($0 \dots 2 \text{ с}^{-1}$) коливань вхідного сигналу найбільше розходження теоретичних і натурних даних не перевищує 15%.

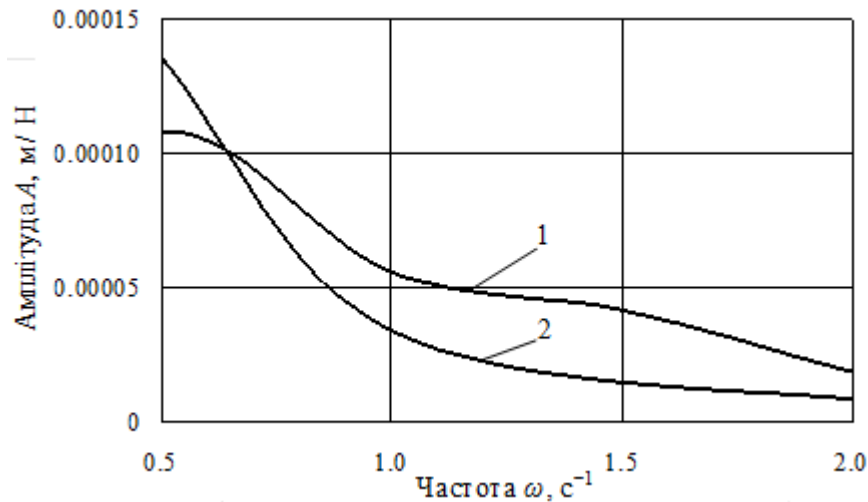


Рис. 6. Теоретична (1) та експериментальна (2) амплітудно-частотні характеристики коливань лінійного поперечного зміщення X_s при відпрацюванні агрозасобом в складі боронувального агрегату керуючого впливу

За даними вимірювання характеристик нерівностей поздовжнього профілю слідів постійної технологічної колії був отриманий графік нормованої спектральної щільності (рис. 7).

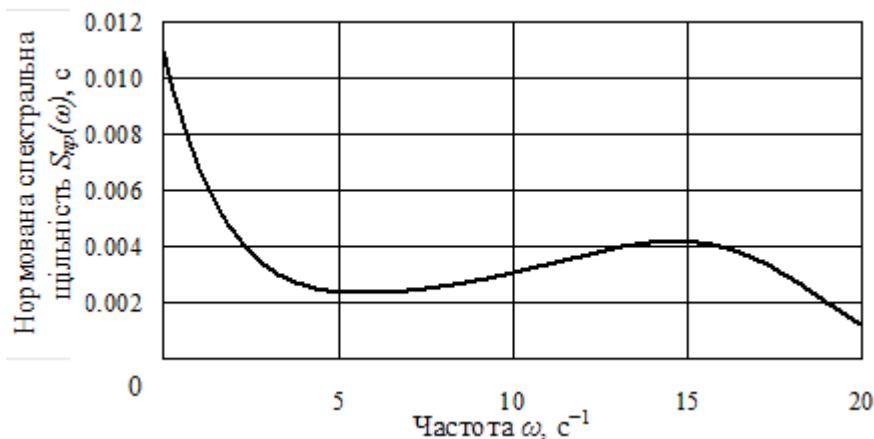


Рис. 7. Нормована спектральна щільність нерівностей поздовжнього профілю слідів постійної технологічної колії за часовим аргументом

З аналізу рис. 7 випливає, що робочий діапазон частот коливань нерівностей профілю слідів постійної технологічної колії становить $0 \dots 20 \text{ с}^{-1}$ (або $0 \dots 3,2 \text{ Гц}$). Цей частотний діапазон і використано при перевірці математичної моделі динаміки вертикальних коливань ширококолісного агрозасобу у вертикальній площині.

Співставлення теоретичної $S_{Ta}(\omega)$ та експериментальної $S_{Ea}(\omega)$ нормованих спектральних щільностей вертикальних коливань остова

агрозасобу показує (рис. 8), що обидва процеси характеризуються приблизно однаковим характером зміни частотного діапазону.

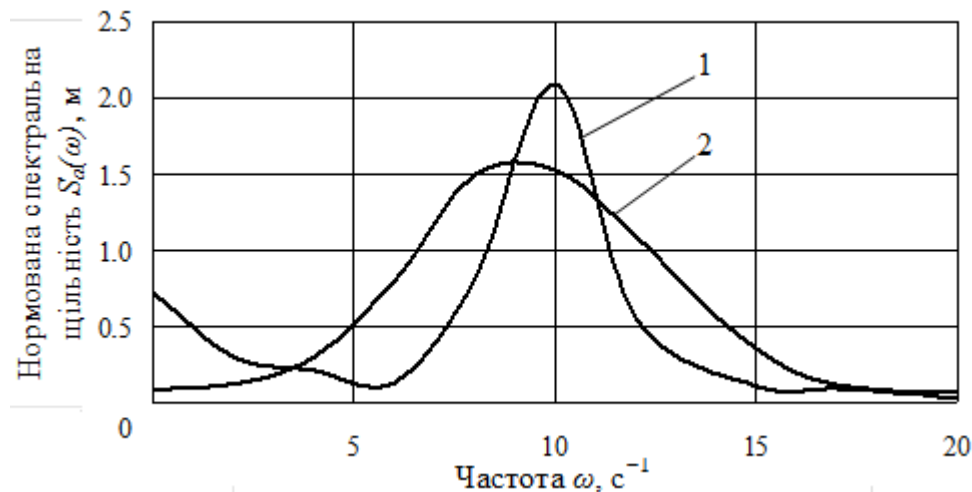


Рис. 8. Теоретична (1) та експериментальна (2) нормовані спектральні щільності вертикальних коливань остова агрозасобу

Різниця в максимальній теоретичній дисперсії (див. рис. 8), яка припадає на $\omega_T = 10 \text{ с}^{-1}$, і експериментальній $\omega_T = 9 \text{ с}^{-1}$, становить 1 с^{-1} . Як показала перевірка нуль-гіпотези про рівність теоретичної дисперсії $D_{Ta} = 1,21 \text{ см}^2$ і експериментальної $D_{Ta} = 1,56 \text{ см}^2$, то згідно F-критерію Фішера вона не відхиляється на статичних рівнях значущості 0,05 і 0,01.

Задовільний збіг вищевикладених теоретичних та експериментальних результатів, а також позитивний результат перевірки математичних моделей вертикальних та горизонтальних коливань агрозасобу на адекватність вказує на можливість їх подальшого використання для вирішення наукових та практичних задач.

Висновки. Таким чином, проведені дослідження підтверджують той факт, що математичне моделювання функціонування спеціалізованих ширококолієних агрозасобів мостового типу з використанням положень теорії автоматичного регулювання динамічних систем достатньо ефективно піддається перевірці на адекватність. Водночас для експериментальної реєстрації таких параметрів агрозасобу, як характеристики його курсового кута та вертикальних переміщень і прискорень достатньо мобільного комунікатора на базі Android з вбудованими в нього датчиками акселерометра і додатка Accelerometer Meter.

Список використаних джерел.

1. Investigation of technological properties of wide span tractors for controlled traffic farming / V. Bulgakov et al. *Engineering for rural development*. 2017. Vol. 16. P. 303–308. DOI: 10.22616/ERDev2017.16.N060.



2. Study of effectiveness of controlled traffic farming system and wide span self-propelled gantry-type machine / V. Bulgakov et al. *Research in Agricultural Engineering*. 2018 (1). Vol. 64. P. 1–7. DOI:10.17221/19/2017-rae.
3. Bulgakov V., Kuvachov V., Olt J. Theoretical study on power performance of agricultural gantry systems. *"Intelligent Manufacturing & Automation"* : Proceedings of the 30th International DAAAM Symposium. 2019. Vol. 30, № 1. P. 0167–0175. DOI: 10.2507/30th.daaam.proceedings.022.
4. Улексин В. А. Мостовое земледелие: монография. Днепропетровск: Пороги, 2008. 224 с.
5. Надикто В. Т. Основи наукових досліджень: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 268 с.
6. Theory of vertical oscillations and dynamic stability of combined tractor-implement unit / V. Bulgakov et al. *Agronomy Research*. 2016. Vol. 14, № 3. P. 689–710.
7. Theory of motion controllability of a wheel machine-tractor aggregate / V. Adamchuk et al. *Agricultural science and practice*. 2016. Vol. 3, № 2. P. 3–10. DOI: 10.15407/agrisp3.02.003.
8. Theoretical investigation of turning ability of machine and tractor aggregate on basis of ploughing and intertilling wheeled tractor / V. Bulgakov et al. *Engineering for Rural Development*. 2016. Vol. 2016-January. P. 1077–1084.
9. Theoretical consideration of the controllability indicator of machine-tractor unit movement / V. Kyurchev et al. *Acta Technologica Agriculturae*. 2017. Vol. 20, № 1. P. 11–18. DOI: 10.1515/ata-2017-0003.
10. Исследование управляемости движения машинно-тракторного агрегата / В. Т. Надикто и др. *Научни известия «Scientific technical union of mechanical engineering»*. 2015. Vol. 3, № 17. P. 90–93.
11. Надикто В. Т., Генев О. І., Мітков В. Б. Методики та результати перевірки математичних моделей МТА на адекватність. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2005. Вип. 27. С. 28–35.
12. Кюрчев В. М., Надикто В. Т. Математичне моделювання функціонування машинно-тракторних агрегатів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2010. Вип. 10, т. 7: *Моделювання технологічних процесів в АПК*: матеріали міжнар. наук.-практ. конференції. С. 3-9.
13. Надикто В. Т. Методологія розробки математичної моделі МТА і перевірки її на адекватність. *Академік П.М. Василенко - яскравий погляд у майбутнє*. Київ, 2012. С. 406–418.
14. The study of movement of the wide span tractor-based field machine unit with power method of its control / V. Bulgakov et al. *Acta*



Technologica Agriculturae. 2018. Vol. 4. P. 163–168. DOI: 10.2478/ata-2018-0029.

15. Study into movement of wide span tractors (vehicles) used in controlled traffic farming / V. Adamchuk et al. *Proceedings of the 28th DAAAM International symposium on intelligent manufacturing and automation*. 2017. P. 0199–0208.

16. Кувачов В. П., Кюрчев В. М., Надикто В. Т. Методика та результати оцінки нерівностей профілю ґрунтового-дорожніх фонів за допомогою ЕОМ. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2008. Вип. 8, т. 6. С. 28–34.

МЕТОДОЛОГІЯ ПЕРЕВІРКИ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ АГРОМОСТОВИХ СИСТЕМ НА АДЕКВАТНІСТЬ

Кувачов В. П., Мітков В. Б., Ігнат'єв Є. І., Аюбов А. М.

Анотація

В статті проведено апробацію методології перевірки на адекватність результатів математичного моделювання функціонування спеціалізованих ширококолієних агрозасобів мостового типу з використанням положень теорії автоматичного регулювання динамічних систем.

Перевірку математичних моделей горизонтальних і вертикальних коливань спеціалізованого ширококолієного агрозасобу на адекватність здійснено шляхом порівняння теоретичних та експериментальних амплітудно-частотних характеристик коливань курсового його кута і поперечного зміщення, а також теоретичної і експериментальної нормованих спектральних щільностей вертикальних коливань його остова (як вихідних величин) при відпрацюванні ним вхідних збурюючих впливів.

Результатом кількісного оцінювання досліджуваних характеристик встановлено, що за F-критерієм Фішера нуль-гіпотеза про рівність порівнювальних дисперсій вихідних величин не відхиляється.

Задовільний збіг теоретичних та експериментальних результатів, а також позитивний результат перевірки математичних моделей вертикальних та горизонтальних коливань агрозасобу на адекватність вказує на можливість їх подальшого використання для вирішення наукових та практичних задач.

Ключові слова: ширококолієний агрозасіб, математичне моделювання, частотні характеристики, спектральна щільність, адекватність.

МЕТОДОЛОГІЯ ПРОВЕРКИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АГРОМОСТОВЫХ СИСТЕМ НА АДЕКВАТНОСТЬ

Кувачев В. П., Митков В. Б., Игнат'ев Е. И., Аюбов А. М.

Аннотация

В статье проведена апробация методологии проверки на адекватность результатов математического моделирования функционирования специализированных ширококолейных агросредств мостового типа с использованием положений теории автоматического регулирования динамических систем.



Проверку математических моделей горизонтальных и вертикальных колебаний специализированного ширококолейного агросредства на адекватность осуществлено путем сравнения теоретических и экспериментальных амплитудно-частотных характеристик колебаний его курсового угла и поперечного смещения, а также теоретической и экспериментальной нормированных спектральных плотностей вертикальных колебаний его остова (как исходных величин) при отработке им входных возмущающих воздействий.

Результатом количественной оценки исследуемых характеристик установлено, что согласно F-критерию Фишера ноль-гипотеза о равенстве сравниваемых дисперсий выходных величин не отклоняется.

Удовлетворительное совпадение теоретических и экспериментальных результатов, а также положительный результат проверки математических моделей вертикальных и горизонтальных колебаний агросредства на адекватность указывает на возможность их дальнейшего использования для решения научных и практических задач.

Ключевые слова: мостовое агросредство, математическое моделирование, частотные характеристики, спектральная плотность, адекватность.

VERIFICATION OF MATHEMATICAL MODELS FUNCTIONING OF AGRICULTURAL SYSTEMS ON ADEQUACY Kuvachov V., Mitkov V., Ihnatiev Ye., Aiubov A.

Summary

The article methodology for checking adequacy of the results mathematical modeling functioning agricultural gantry systems for purposes using provisions of the theory automatic control dynamic systems are tested.

For experimental registration of such parameters a agricultural gantry system, such as the characteristics of changes in its heading angle and vertical displacements and accelerations, an Android mobile communicator with built-in accelerometer sensors and Accelerometer Meter applications was used.

The mathematical model of horizontal vibrations agricultural gantry system was checked for adequacy by comparing the theoretical and experimental amplitude-frequency characteristics of the oscillations its heading angle and lateral displacement (as initial values) when working out the input control action by it. The result of this check showed that in the operating frequency range $(0...2) \text{ s}^{-1}$, the difference between the oscillations of the input and output signals does not exceed 15%.

A comparison of the theoretical and experimental normalized spectral densities of vertical vibrations of the skeleton agricultural gantry system use showed that both processes are characterized by approximately the same nature of the change in the frequency range. The difference in maximum theoretical and experimental dispersion is 1 s^{-1} .

As a result of a quantitative assessment of these studied characteristics, it was found that, according to the Fisher F-criterion, the zero hypothesis that the compared variances of the output variables are equal does not deviate both at the static significance level of 0.05 and 0.01.

The satisfactory coincidence of the above theoretical and experimental results, as well as the positive result of checking the mathematical models vertical and horizontal vibrations of the agricultural gantry systems for purposes adequacy, indicates the possibility of their further use for solving scientific and practical problems.

Key words: agricultural gantry system, mathematical modeling, frequency characteristics, spectral density, adequacy.



УДК 631.3:678

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-13

ДЕЯКІ ВЛАСТИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПЛАСТИКІВ, НАПОВНЕНИХ ВТОРИННИМ ПОЛІЕТИЛЕНОМ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

Макаренко Д. О., к. т. н.,

ORCID: 0000-0002-3166-6249

Деркач О. Д., к. т. н.,

ORCID:0000-0002-5537-8022

Муранов Є. С.,

ORCID: 0000-0001-9148217X

Крутоус Д. І.

ORCID :0000-0003-0614-3179

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

e-mail: flymakd@gmail.com

Постановка проблеми. Підвищення технічного рівня сучасної сільськогосподарської техніки характеризується обсягом застосування в них полімерно-композитних матеріалів (ПКМ) конструкційного призначення. У конструкціях закордонних машин застосовуються ПКМ з високими характеристиками і це обумовлює високу надійність машин. У вітчизняному с.-г. машинобудуванні застосування таких матеріалів обмежене. Причин цьому декілька: відсутність виробничих баз, наукових досліджень, консервативність конструкторських бюро заводів-виробників і т.д.

Проте, науково обґрунтоване застосування деталей з ПКМ, дозволяє зменшити їх знос та змінити режим експлуатації, а надійність машин – підвищити. Крім того, для різноманітних режимів роботи можна використовувати, в якості матриці декілька матеріалів, адаптуючи їх характеристики відсотковим вмістом наповнювача.

В якості матриць, зазвичай, використовують фенолформальдегідну, епоксидну або поліамідні основи (смоли). Наповнювачами виступають, як елементи металевого, так і неметалевого походження. На сучасному етапі розвитку технології створення та виробництва різноманітних ПКМ дозволяють отримати нові матеріали, з запрограмованими властивостями. Проте, Україна власного сучасного промислового виробництва конструкційних пластиків немає. Більшість деталей з ПКМ, які впровадженні в конструкції трибоспряджень вітчизняної сільськогосподарської техніки чи обладнання – закордонного виробництва. Саме тому, основною проблемою вітчизняних виробників техніки, за таких умов, є безперервне забезпечення виробництва імпортною сировиною. Тому, з метою підвищення технічного рівня вітчизняної техніки і економічної



безпеки виробництва, необхідно збільшувати імпортозаміщення конструкційних матеріалів, зокрема конструкційних пластиків.

Одним із шляхів для вирішення вказаного завдання є використання, в якості наповнювачів, вторинних пластиків. До них відносяться побутові або промислові відходи пластмас, тому їх вартість, навіть з врахуванням витрат на переробку (сортування, очищення, формування), зовсім низька, і зазвичай становить від 6 до 20 грн/кг. Використання вторинних пластиків, для наповнення конструкційних ПКМ, дозволить почати вирішувати одразу дві проблеми: перша – імпортозаміщення дорогих конструкційних пластиків; друга – зменшення екологічного навантаження на довкілля відходами пластиків.

Аналіз останніх досліджень. Основними напрямками при розробці та вдосконаленні існуючих ПКМ є дослідження їх міцнісних, триботехнічних та термічних характеристик. Відомі результати досліджень фенолформальдегідних смол, наповнених різноманітними компонентами, в тому числі відходами промисловості [1-4], що дозволяють розширити межі використання таких матеріалів. Виробництво вказаних матеріалів має ряд недоліків, зокрема це використання токсичних та вогнебезпечних складових – фенолу, формальдегіду та соляної кислоти. Водночас, для підвищення характеристик таких ПКМ як, фенілон [5, 6], фторопласт [7], поліамід-66 [8, 9], використовують дорогі наповнювачі: вуглецеві волокна, наноматеріали (трубки, сфери та ін.), дорогоцінні та рідкісні матеріали. При цьому, вартість переробки вихідного матеріалу в готові вироби має ряд перепон, зокрема й економічних [10]. Обмежене використання вказаних матеріалів в конструкціях сільськогосподарських машин обумовлене високою їх вартістю. Розроблені наукові основи застосування деталей з вуглепластиків на основі поліаміду 6 [11], дозволили аналітично встановити діапазон тисків у рухомих з'єднаннях робочих органів жаток зернозбиральних комбайнів – 0,45...1,0 МПа – за яких забезпечуватиметься працездатність механізмів. Для паралелограмних механізмів посівних комплексів, укомплектованих деталями з ПКМ визначені граничні значення тиску в шарнірі 3,0 МПа [12].

Підтверджено доцільність впровадження вторинних пластиків в конструкційні [13, 14], але в якості відпрацьованого матеріалу, в цій роботі, обрано вторинний конструкційний ПКМ, що має високу вартість. За кордоном основним напрямком переробки вторинних пластиків є їх повторне використання (переробка у вироби) або спалювання. ПКМ, в тому числі й вторинні, можна використовувати при будівництві споруд та доріг [15, 16].

У роботах [17, 18] досліджено процес рециклінгу вторинних пластиків в аналогічні вироби. При цьому, вказані роботи мають

оглядовий характер та описують існуючі технології, методи переробки пластиків. Дослідження властивостей та розробка нових технологій переробки вторинних пластиків представлені недостатньо.

Обсяги щорічного виробництва пластику в світі сягають 300 млн. т., при цьому половина з нього – одноразового використання [19, 20]. Подальше використання відпрацьованих пластиків у світі та їх вплив на екологію відбувається під постійним моніторингом відповідних світових організацій [21]. Тому, дослідження, що направлені на переробку вторинних пластиків, в тому числі й шляхом введенням їх в конструкційні ПКМ, є актуальним завданням сьогодення.

Формулювання мети статті. Метою роботи є дослідження впливу вмісту вторинного поліетилену в поліамідній полімерній матриці на фізико-механічні характеристики конструкційних пластиків.

Програма досліджень та методики. Програма досліджень включала такі етапи:

- підготовка основних матеріалів (матриці) та вторинної сировини (наповнювачу) до переробки;
- виготовлення методом лиття під тиском зразків та їх підготовка до випробовувань;
- дослідження фізико-механічних властивостей зразків;
- оптичні дослідження зрізів зразків;
- обробка результатів та формування висновків.

Для дослідження характеристик та властивостей матеріалів в якості матриць обрано ПКМ поліамідної групи: вуглепластик на основі поліаміду 6 – УПА-6-30 та ненаповнений поліамід Nylon 66. В якості наповнювача обрали вторинний поліетилен LDPE (ВП LDPE). Зразки та деталі виготовляли в лабораторії полімерних композитів Міжфакультетської проблемної науково-дослідної лабораторії технічного сервісу машин з матеріалів, що мають зовнішній вигляд гранул (рис. 1).

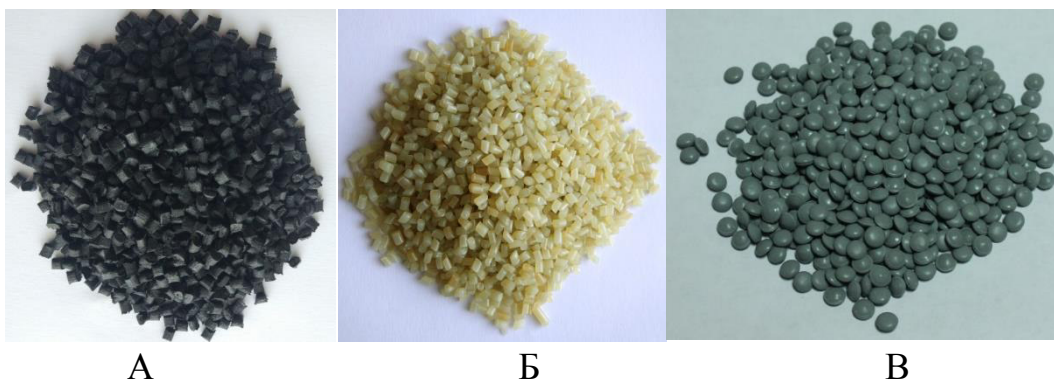


Рис. 1. Загальний вигляд матриць ПКМ та наповнювача: А) УПА-6-30; Б) Nylon 66; В) вторинний поліетиленLDPE

Відсотковий вміст ВП LDPE змінювали в діапазоні від 0...15 % мас. з кроком 5 %.

Виготовлення зразків здійснювали методом лиття під тиском на ливарній машині ПЛ-32. Перед переробкою, з матеріалів видаляли вологу, розміщуючи їх в термошафі СНОЛ 465/4 за температури 80° С протягом 3 годин.

Компоненти змішували у вихровому електромагнітному полі з частотою обертання 3500 хв⁻¹ за допомогою нерівновісних металевих частинок.

Після змішування таким способом, матеріали були перероблені і отримані зразки (рис. 2) мали однорідну структуру.



Рис. 2. Зразки для експериментальних досліджень:
а) Границі текучості матеріалу; б) Ударної в'язкості

Дослідження міцнісних властивостей здійснювали на випробувальній машині ФР-100/1, згідно ГОСТ 4651-82. Для дослідження границі текучості при стисканні, використовували зразки діаметром 10 і висотою 15 мм. При цьому опорні площини зразків були паралельні в межах 0,1% у напрямку, перпендикулярному прикладанні навантаження.

Ударну в'язкість визначали на маятниковому копрі КМ-0,4 за методом Шарпі згідно ГОСТ 4647-80 за температури 23±2 °С і відносній вологості повітря 50±5 %. Суть методу полягала у випробуванні, при якому зразок, лежачи на двох опорах, відстань між якими 40 мм, руйнувалися при ударі маятника, причому лінія удару знаходилась посередині між опорами. Перед випробуванням зразки кондиціонували в стандартній атмосфері згідно ГОСТ 12423.

Металографічні дослідження робочих поверхонь зразків, здійснювали за допомогою мікроскопу МБИ-6 з цифровою окулярною камерою та персонального комп'ютера (рис. 3).

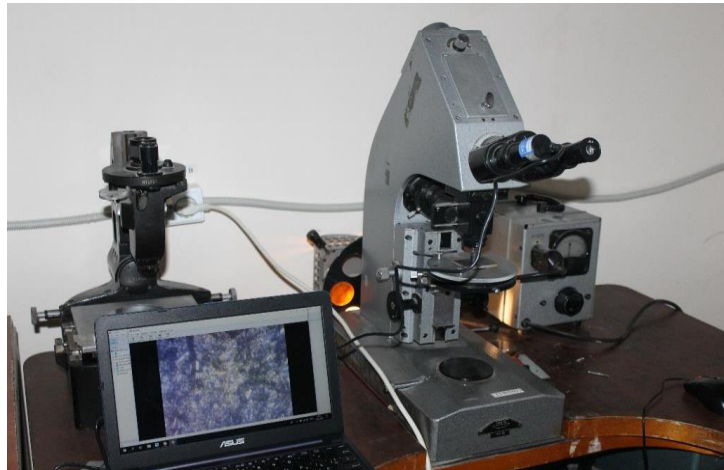


Рис. 3. Оптичний мікроскоп МБИ-6 з обладнанням для цифрової зйомки

Зображення передавали на дисплей комп'ютера для аналізу та фіксації результатів у вигляді цифрового фотознімку. Металографічні дослідження проводили з максимальним збільшенням до $\times 400$ разів.

Результати досліджень. Встановлено, що додавання ВП LDPE до конструкційних пластиків поліамідної групи (Nylon 66 та УПА-6-30) в цілому спричинює зниження границі текучості. Так, додавання в кількості 15 % мас. призводить до зменшення границі текучості матеріалів на 47,7 %, для Nylon 66 та 51,8 % для УПА-6-30 відповідно. Результати досліджень наведені на рис. 4. Також виявлено, що матеріал Nylon 66 недоцільно наповнювати ВП LDPE більше, як 10 % мас., так як, це є причиною різкого зменшення границі текучості.

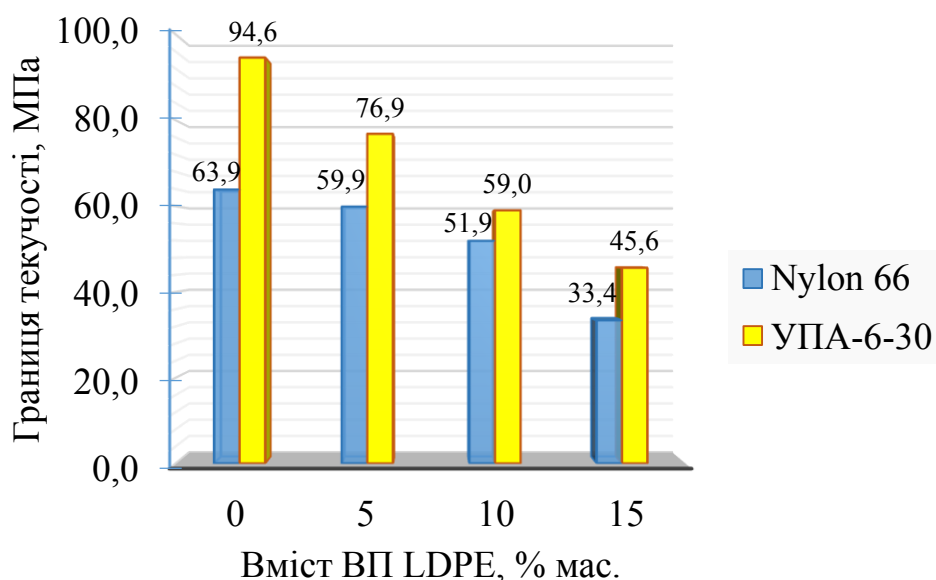


Рис. 4. Залежність границі текучості матеріалу від відсоткового вмісту ВП LDPE

Середнє значення показників копра КМ-0,4 наведено в табл. 1. При цьому екстремуми не враховано.

Таблиця 1

Показники дисплею копра на основі 10 кратного випробування експериментальних зразків

№ з/п	Назва матеріалу	Середнє значення, од.
1	Nylon 66	10,67
2	Nylon 66+5%ВП LDPE	8,67
3	Nylon 66+10%ВП LDPE	7,67
4	Nylon 66+15%ВП LDPE	7,33
5	УПА-6-30	7,83
6	УПА-6-30+5%ВП LDPE	7,17
7	УПА-6-30+10%ВП LDPE	5,50
8	УПА-6-30+15% ВП LDPE	4,17

На основі отриманих середніх значень показників копра визначали ударну в'язкість досліджуваних матеріалів за формулою, кДж:

$$a_n = \frac{A_n}{b \cdot s \cdot 1000}$$

де A_n – енергія удару, затрачена на руйнування зразка, кДж/(кг/см²), фіксується на цифровому табло приладу;

b – ширина зразка по його середині, мм;

s – товщина зразка по його середині, мм.

Виявлено, що ударна в'язкість Nylon 66 при наповненні його ВП LDPE в кількості 15 % мас. зменшується на 31 %, тоді як для УПА-6-30 – на 46 % (рис. 5).

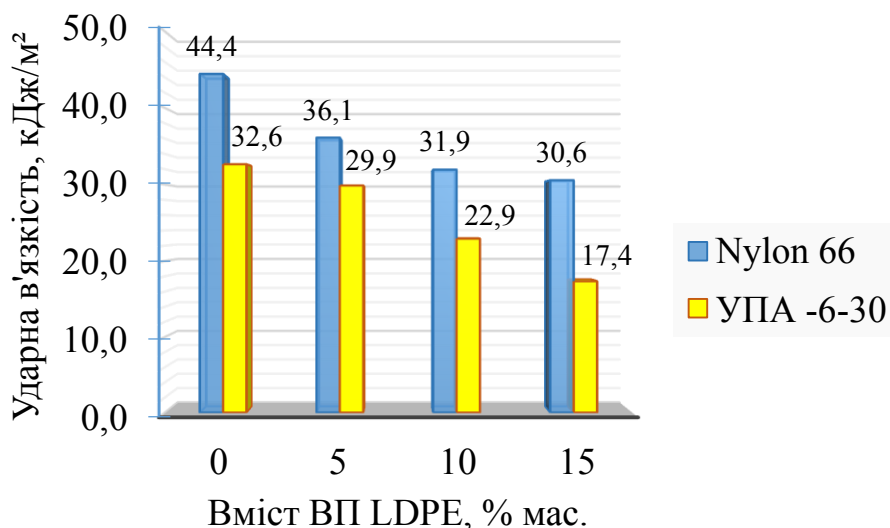


Рис. 5. Залежність ударної в'язкості матеріалу від відсоткового вмісту ВП LDPE

Отримані результати свідчать про зниження міцнісних характеристик матеріалу, при концентрації наповнювача понад 10% мас., для роботи за динамічних (ударних) навантажень.

Мікрофото поверхонь зразків (рис. 6) вказують на рівномірний механічний розподіл всіх компонентів отриманих ПКМ.

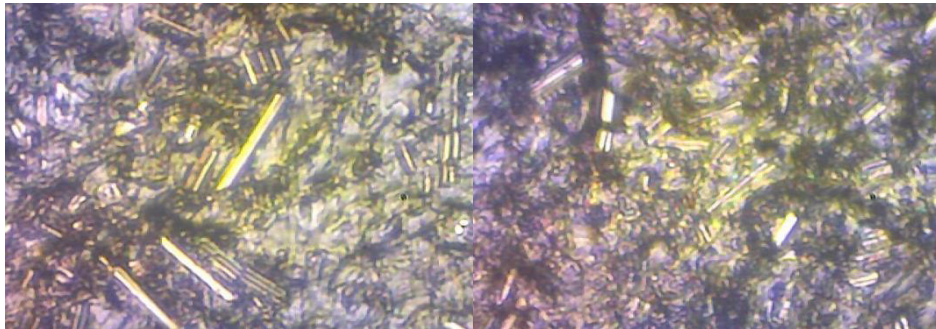


Рис. 6. Мікрофото поверхонь зразків УПА-6-30 + ВП LDPE (10%); ($\times 400$).

Виробничі випробування. Деталі виготовлені із ПКМ з додаванням 5 % ВП LDPE (рис. 7) були встановлені в шарніри паралелограмного механізму (рис. 8), посівного комплексу «Агро-Союз TurbosemII 19-60», що перебував на відновленні.



Рис. 7. Експериментальні деталі, виготовлені з ПКМ УПА-6-30, з додаванням 5 % ВП LDPE



Рис. 8. Паралелограмний механізм посівного комплексу Агро-Союз TurbosemII 19-60 укомплектований ПКМ

Укомплектований експериментальними деталями посівний комплекс в одному з агрохолдингів України напрацював 896 га. Відхилень від агротехнічних вимог, відмов агрегату не було. Деталі перед встановленням були змащені пластичним мастилом, а в



подальшому їх обслуговування не проводилось. Випробування продовжуються.

Висновки. Встановлено, що для наповнення конструкційних пластиків, вторинним поліетиленом LDPE, його відсотковий вміст не повинен становити більше 10 % мас. Відповідні композитні матеріали можуть використовуватись у трибоспряженнях замість серійних конструкційних пластиків. Збільшення концентрації наповнювача більше 10 % мас. призводить до зниження характеристик основних ПКМ та унеможливує їх використання, як конструкційних матеріалів у вузлах, де тиск перевищує 3,0 МПа.

Отримані результати дозволять виконати адаптацію матеріалу для деталей з ПКМ враховуючи режими їх експлуатації. Наприклад, для деталей сільськогосподарських машин, що працюють в механізмах, описаних в роботі [11], пропонуємо використовувати ПКМ Nylon 66 наповнений вторинним поліетиленом LDPE до 10% мас. Для механізмів копіювання посівних машин та культиваторів оптимальний склад ПКМ – УПА-6-30, наповнений вторинним поліетиленом LDPE до 10 % мас.

Крім того, використання вторинного поліетилену LDPE, в якості наповнювача для конструкційних пластиків, дозволить зменшити кількість сміття на звалищах та покращить екологічну ситуацію в країні.

Список використаних джерел.

1. Cui Y., Chang J., Wang W. Fabrication of Glass Fiber Reinforced Composites Based on Bio-Oil Phenol Formaldehyde Resin. *Materials*. 2016. Vol. 9. P. 886. DOI:10.3390/MA9110886.
2. Aslan M., Ozbay G., Ayrimis N. Performance of phenol formaldehyde modified with phenol-rich fraction of crude bio-oil. *J. Adhes. Sci. Technol.* 2015. Vol. 29. P. 2679–2691.
3. Исследование свойств органопластиков на основе фенолформальдегидной смолы / А. Буря и др. *Технічні науки та технології*. 2017. № 2. С. 82-88.
4. Antifriction and construction materials based on modified phenol-formaldehyde resins reinforced with mineral and synthetic fibrous fillers / M. V. Burmistr et al. *Mechanics of Composite Materials*. Vol. 50, № 2. P. 213-222. DOI: 10.1007/s11029-014-9408-0.
5. Kabat O., Sytar V., Sukhyu K. Antifrictional polymer composites based on aromatic polyamide and carbon. *Chemistry and Chemical Technology*. 2018. Vol. 12, № 3. P. 326-330.
6. Ivanochkin P. G., Danilchenko S. A., Novikov E. S. Antifriction Composites based on phenylone C2 for work under conditions of dry friction. *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 150. P. 520-526. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.033.



7. Кабат О. С., Душейко М. В. Полімерні композиційні матеріали спеціального призначення на основі фторопласту. *Технологические системы*. 2017. Т. 4 (81). С. 63-67.
8. Căpitanu L., Onișoru J., Iarovici A. Tribological aspects for injection processing of thermoplastic composite materials with glass fiber. *Tribology in Industry*. 2004. Vol. 26, № 1-2. P. 32-41.
9. Analysis of tribological efficiency of movable junctions “polymeric-composite materials–steel / V. Aulin et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 4, № 12 (100). P. 6-15. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.176845.
10. Деркач О. Д., Артемчук В. В., Муранов Є. С. До питання технологічності отримання деталей з полімерних композитів для посівної техніки. *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка*. Харків, 2017. Вип. 181. С. 157-166.
11. Буря А. И., Деркач А. Д., Шемавнев В. И. Разработка математической модели влияния режимов эксплуатации на трение и изнашивание углепластиков на основе полиамида 6. *Трение и износ*. 2006. Т. 26, № 1. С. 98-104.
12. Деркач А., Макаренко Д., Науменко Н. Применение углепластиков в широкозахватных посевных машинах. *Mechanization in agriculture: International scientific, scientific applied and informational journal*. 2015. № 2. Year LXI. С. 3-6.
13. Recycling of constructional plastics with additives of exhausted polyethylene / A. S. Kobets et al. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2019. Vol. 14, № 13. P. 2397-2406.
14. Investigation of the properties of structural plastics filled with exhausted polyethylene / O. D. Derkach et al. *Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів ТАСХ-2020: матеріали IV Всеукр. наук. конф. (м. Дніпро, 10 квітня 2020 р.)*. Дніпро, 2020. С. 5-8.
15. Modified Phenol-Formaldehyde Resins and their Application in Bitumen-Polymeric Mixtures / G. Strap et al. *Chemistry & Chemical Technology*. 2013. Vol. 7, № 3. P. 279-287. DOI: 10.23939/CHSHT07.03.279.
16. Кіщинський С. В. Підвищення ефективності модифікації бітумів композиційною добавкою полідом на основі вторинного поліетилену. *Автошляховик України*. 2013. № 3. С. 27-35.
17. Рахимов М. А., Рахимова Г. М., Иманов Е. М. Проблемы утилизации полимерных отходов. *Фундаментальные исследования*. 2014. № 8-2. С. 331-334; URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=34554> (дата звернення: 23.04.2020).
18. Супрун Л. В., Романенко С. В., Цыганкова Т. С. Анализ и решение проблемы утилизации и вторичной переработки



полиэтилентерефталат (ПЭТ) отходов в городе Томске. *Вестник науки Сибири*. 2012. № 4 (5). С. 107-112.

19. У полоні пластику: чи зможе Україна слідом за ЄС скоротити небезпечні відходи. URL: https://tsn.ua/ukrayina/u_poloni-plastiku-chi-zmozhe-ukrayina-slidom-za-yes-skorotiti-nebezpechni-vidho1328319.html (дата звернення: 23.04.2020).

20. Пластикова епідемія: рух на знищення планети. URL: <https://ecolog-ua.com/news/plastykova-epidemiya-ruh-na-znyshchennya-planety-chy-mozhlyvo-shche-zapobigty-nablyzhennyu> (дата звернення: 23.04.2020).

21. La Mantia F. Handbook of plastic recycling. Parpa Technology Limited, Shewsbury, Shropshire, SY4 4NR, United Kingdom, 2006.

ДЕЯКІ ВЛАСТИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПЛАСТИКІВ, НАПОВНЕНИХ ВТОРИННИМ ПОЛІЕТИЛЕНОМ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

Макаренко Д. О., Деркач О. Д., Муранов Є. С., Крутоус Д. І.

Анотація

Встановлено, що використання полімерно-композитних матеріалів у конструкціях сільськогосподарських машин широко розповсюджено. При цьому значна частина конструкційних матеріалів неметалевого походження в Україні – закордонного виробництва. Виявлено, що одним з невикористаних джерел збільшення імпортозаміщення є використання, в якості наповнювачів, вторинних пластиків, зокрема поліетилену. Встановлено, що для наповнення конструкційних пластиків, вторинним поліетиленом, його відсотковий вміст не повинен становити більше 10 % мас. Проведеними металографічними дослідженнями робочих поверхонь, виявлено рівномірне змішування всіх компонентів полімерного матеріалу зі збереженням структури вихідного матеріалу. Отримані результати дозволять виконати адаптацію полімерно-композитних матеріалів для деталей машин, враховуючи режими їх експлуатації.

Ключові слова: сільськогосподарська техніка, рухомі з'єднання, полімерно-композитний матеріал, вторинний поліетилен, конструкційні пластики, матриця, наповнювач.

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ ПЛАСТИКОВ, НАПОЛНЕННЫХ ВТОРИЧНЫМ ПОЛИЭТИЛЕНОМ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Макаренко Д. А., Деркач А. Д., Муранов Е. С., Крутоус Д. И.

Аннотация

Установлено, что использование полимерно-композитных материалов в конструкциях сельскохозяйственных машин широко распространено. При этом значительная часть конструкционных материалов неметаллического происхождения в Украине - зарубежного производства. Виявлено, что одним из неиспользованных источников увеличения импортозамещения является использование, в качестве наполнителей вторичных пластиков, в частности полиэтилена. Установлено, что для наполнения конструкционных пластиков вторичным полиэтиленом, его содержание не должен составлять более 10% масс.



Проведенными металлографическими исследованиями рабочих поверхностей, выявлено равномерное смешивание всех компонентов полимерного материала с сохранением структуры исходного материала. Полученные результаты позволят выполнить адаптацию полимерно-композитных материалов для деталей машин, учитывая режимы их эксплуатации.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, подвижные соединения, полимерно-композитный материал, вторичный полиэтилен, конструкционные пластики, матрица, наполнитель.

SOME PROPERTIES OF CONSTRUCTION PLASTICS, WHICH ARE FILLED WITH SECONDARY POLYETHYLENE AND THEIR APPLICATION IN AGRICULTURAL MACHINE BUILDING

Makarenko D. O., Derkach O. D., Muranov Ye. S., Krutous D. I.

Abstract

It was determined, that application of polymeric and composite materials in agricultural machines assemblies is widely spread. Whereas the considerable part of construction materials made of non-metallic origin in Ukraine – they came from foreign production. It was found, that one of unused source of increase an import substitution is application of secondary plastics, in particular polyethylene as the fillers. With appending secondary polyethylene in the amount of 5 % of the mass relative viscosity reduces in 18,7 % and 8,3 % for Nylon 66 and UPA-6-30 respectively. It was found, that addition of secondary polyethylene to construction plastics of polyamide group (Nylon 66 and UPA-6-30) in the quantity of 15 % of the mass leads to reducing of yield strength of materials in 47,7 %, for Nylon 66 and 51,8 % for UPA-6-30 respectively. It was determined, that appending of construction plastics with secondary polyethylene, their percentage should not be more than 10 % of the mass. Such construction materials can be used in tribological conjugations instead of mass-produced construction plastics. The increase of concentration the filler is more 10 % of the mass leads to dramatic decrease in polymer-composite materials and makes impossible their application, as construction materials. Conducted metallographic studies of working surfaces, we found homogenous mixing of all components of polymer materials along with maintaining the initial structure of material. The results obtained will allow using adaptation of polymer-composite materials, for machine spare parts, taking into account their operating conditions. In addition, applying secondary polyethylene, as fillers for construction plastics, allows decreasing in quantity of plastics litter on landfills and will improve environmental situation in country.

Key words: agricultural machines, movable connections. polymeric and composite materials, secondary polyethylene, construction plastics, bounding matrix, filler.



УДК 631. 333.92:631. 22. 018

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-14

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ І ПАРАМЕТРІВ МЕТАНТЕНКУ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Скляр О. Г., к. т. н.,

ORCID: 0000-0002-0456-2479

Скляр Р. В., к. т. н.

ORCID: 0000-0002-1547-5100

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. В даний час питання охорони природи і раціонального використання ресурсів набувають величезного державного значення при виробництві будь-якого виду продукції [1-3]. У промисловому птахівництві, як невід'ємної частини агропромислового комплексу досягнутий такий рубіж, коли подальший прогрес виробництва яєць і дієтичного м'яса вимагає переходу від екстенсивного на інтенсивний шлях розвитку. Цю перебудову пов'язано з розробкою і повсюдним впровадженням нових технологічних прийомів, способів і процесів, які гарантують задоволення потреб країни в дієтичних продуктах харчування. При цьому повинні забезпечуватися не тільки мінімальна собівартість продукції, але і її виробництво в умовах ефективного використання місцевих вторинних ресурсів, з недопущенням негативного впливу на екологію навколишнього середовища.

Однак, при поширенні використання на птахофабриках кліткових батарей для утримання птиці стали виникати серйозні проблеми з видаленням і переробкою посліду, очищенням і знезараженням стічних вод, що надходять з систем напування і після миття технологічного обладнання в процесі проведення санітарно-профілактичних робіт виробничих приміщень для утримання птиці. Рідка маса гною постійно накопичується у птахофабрик на необладнаних майданчиках, в ярах, складках рельєфу, будучи потенційним джерелом виникнення екологічного неблагополуччя не тільки на підприємствах, але й поблизу населених пунктів і сусідніх прилеглих територіях. Але, з іншого боку, пташиний послід є цінним органічним добривом, отже актуальним є проведення досліджень, спрямованих на вирішення даного комплексу проблем [3,4].

Аналіз останніх досліджень. Істотні результати в області біогазових технологій отримали такі вчені як: А. А. Ковальов, Ст. Баадер, Тобто Доні, М. Бренндерфер, С. В. Калюжний, П. І. Гриднєв,



В. Р. Некрасов, А. Р. Пузанков, Н. G. Konstandl, П.П. Кучерук та ін. [3].

Відзначаючи наукову значимість і практичну цінність цих робіт, необхідно зазначити, що застосовувані технології та технічні засоби для анаеробного бродіння все ще недостатньо ефективні. Незважаючи на певні досягнення в області анаеробної переробки посліду для виробництва біогазу і добрив, далеко не всі питання успішно вирішені. Значні труднощі пов'язані з вибором технології анаеробного бродіння, режимами роботи і обґрунтуванням параметрів технологічного обладнання. Відсутні науково-обґрунтовані методи побудови технологічних ліній для виробництва біогазу і добрив.

Аналіз літературних джерел [3-7] показує, що біогазові установки розроблялися, як правило, без обліку їх використання в технологічних лініях утилізації посліду, а одержання біогазу і добрив розглядалася без взаємозв'язку з параметрами установок і температурою навколишнього середовища. При цьому параметри установок і технологічних процесів призначаються за допомогою експертних оцінок – на основі досвіду практиків у цій галузі. Але, оскільки досвід експлуатації таких установок вкрай незначний, а вирішення технологічних завдань без критичного осмислення переходять в установки нових поколінь, тому виникли протиріччя між теорією процесу анаеробного бродіння посліду з отриманням біогазу й добрив та методами побудови і розрахунку технічних засобів для його здійснення.

Формулювання мети статті. Обґрунтувати режими і параметри метантенку біогазової установки для підвищення ефективності переробки пташиного посліду.

Основна частина. В процесі переробки на біогазовій установці вихідна сировина (пташиний послід) поділяється на три складові: газоподібна фаза – біогаз, що містить 60...70% метану, окису вуглецю 2...5% та інші гази; рідка фаза – стоки, які отримані після розподілу зброженого посліду, і є знезараженою рідиною з вмістом сухої речовини 2...5% (наявність у стічних водах азоту, окислу фосфору і калію дозволяє використовувати їх в якості рідких органічних добрив) [6-8]. В біогазових установках безперервної дії для стабільного протікання бродіння необхідно рівномірно подавати послід в метантенк, тобто порціями не тільки однакового об'єму, але також з однаковим вмістом сухих органічних речовин. Навантаження по сухій органічній речовині в залежності від виду і початкової вологості посліду становить 8...20 кг на 1 м³ метантенка на добу і для кожного конкретного субстрату повинна бути строго дозованим [4].

Інтенсивність бродіння можна підвищити механічним розщепленням і руйнуванням структури твердих органічних

компонентів або механічної деструкцією [9], що приводить до збільшення активної поверхні, яка обробляється метанотвірними мікроорганізмами, руйнування клітин і вивільнення здатної до бродіння внутрішньоклітинної рідини, що містить легкокорозивні органічні речовини (рис. 1).

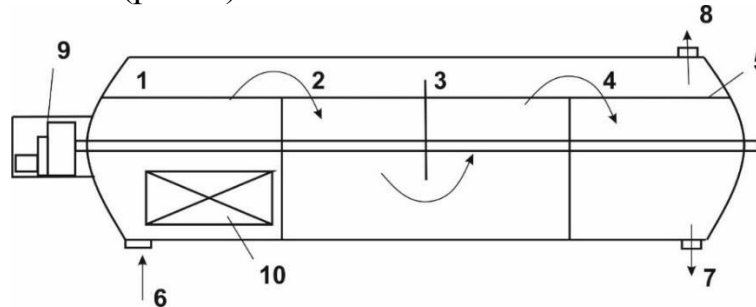


Рис. 1. Технологічна схема анаеробної переробки посліду в метантенку: 1 - секція 1; 2 - секція 2; 3 - секція 3; 4 - секція 4; 5 - рівень перероблюваного посліду; 6 - вихідний послід; 7 - добрива; 8 - біогаз; 9- механізм змішувача; 10 - водяний радіатор (теплообмінник).

Введемо цільову функцію, що враховує дохід від утилізації посліду протягом року (перший доданок) і вартість енергії, отриманої в результаті спалювання біогазу (другий доданок)

$$F(x) = \frac{T}{x} Mc + R\beta \frac{T}{x} M \cdot 100h. \quad (1)$$

де T – кількість діб у році, діб;

x – тривалість знаходження посліду в метантенку (добу);

M – місткість метантенку (ц);

c – вартість утилізації 1 ц посліду, грн./ц;

$R = 0,16 - 0,11/x$ – вихід біогазу ($\text{м}^3/\text{кг}$) в залежності від тривалості знаходження посліду в метантенку;

β - енергія згоряння 1м^3 біогазу, $\text{Дж}/\text{м}^3$;

h - вартість 1Дж одержуваного тепла, грн./Дж;

Після перетворень отримаємо наступний вираз для цільової функції

$$F(x) = \frac{MT}{x} \left(c + 100h\beta \left(0,16 - \frac{0,11}{x} \right) \right). \quad (2)$$

Продиференціюємо $F(x)$ і прирівнюємо похідну до нуля

$$F' = MT \left[\left(-\frac{1}{x^2} \right) \left(c + 100h\beta \left(0,16 - \frac{0,11}{x} \right) \right) + \frac{1}{x} 100h\beta \left(-0,11 \right) \left(-\frac{1}{x^2} \right) \right] = 0. \quad (3)$$

Звідси,

$$c + 16h\beta = \frac{22h\beta}{x_{opt}}. \quad (4)$$

$$x_{opt} = \frac{22h\beta}{c + 16h\beta}. \quad (5)$$

Оптимальна тривалість переробки посліду x_{opt} не залежить від місткості метантенка (M).

Мінімізація витрат на корпус метантенка. Технічних варіантів реалізації метаногенезу біомаси досить багато, починаючи з конструктивно простих, непрофесійно виготовлених місцевими силами установок і закінчуючи технологічно доскональними установками довготривалого безперервного дії з використанням автоматизованих систем [9-12].

Процес бродіння здійснюється в спеціальних герметичних ємностях – метантенках [9]. Метантенк має форму циліндра довжиною L , основи якого конуси заввишки X з круговою основою радіуса R .

Об'єм метантенка дорівнює

$$V = \pi R^2 L + 2\pi R^2 X / 3 = \pi R^2 (L + 2X / 3).$$

$$m = \sqrt{R^2 + X^2}, S_R = \pi R m = \pi R \sqrt{R^2 + X^2}, S_C = 2\pi R L, \quad (6)$$

$$S_r = 2S_R + S_C = 2\pi R (\sqrt{R^2 + X^2} + L),$$

де m - бічна сторона конуса,

S_R - бічна поверхня конуса,

S_C - бічна поверхня циліндра,

S_r - площа поверхні метантенка.

Цільовою функцією є відношення площі поверхні метантенка до його об'єму, графік функції $F(x)$ наведено на рис. 2.

$$F(x) = S_r / V \rightarrow \min. \quad (7)$$

$$F(x) = (2/R)(\sqrt{R^2 + X^2} + L)/(L + 2X/3).$$

Для знаходження мінімуму $F(x)$ знайдемо її похідну і прирівнюємо до нуля:

$$F'(x) = (2/R)[(2X/3 + L)X/\sqrt{R^2 + X^2} - 2(\sqrt{R^2 + X^2} + L)/3]/(L + 2X/3)^2 = 0. \quad (8)$$

Після елементарних перетворень отримуємо квадратне рівняння

$$5L^2 X^2 - 12LR^2 X + 4R^4 = 4L^2 R^2; \quad (9)$$

враховуючи, що висота конуса – позитивна величина, отримуємо його єдине рішення

$$X_{\min} = (6R^2 + 2R\sqrt{4R^2 + 5L^2})/5L. \quad (10)$$

Приклад: при $R=2\text{м}$, $L=8\text{м}$ [10-12]

$$X_{\min} = (24 + 4\sqrt{16 + 320})/40 = 2,4\text{м}. \quad (11)$$

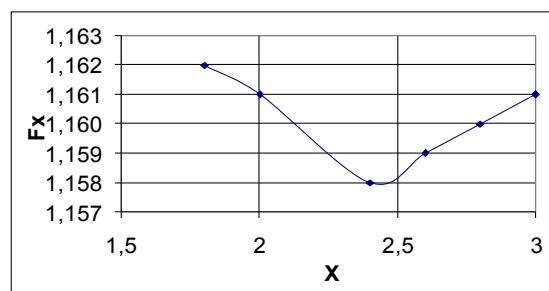


Рис. 2. Залежність цільової функції від висоти конуса.

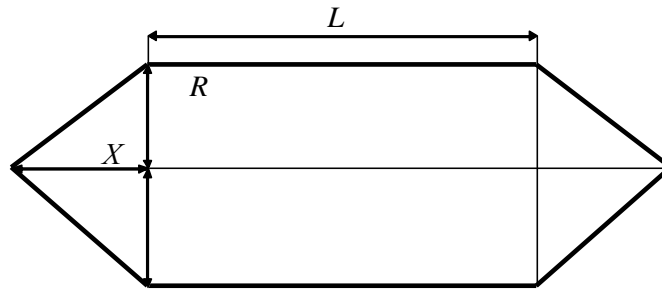


Рис. 3. Схема визначення кута конусності.

Таким чином, витрата металу на стінки метантенку (в розрахунку на один кубічний метр його робочого об'єму) досягає мінімуму при висоті конуса, яка дорівнює 2,4 м.

Вибір кута нахилу вертикальної частини метантенка.

Метантенк являє собою циліндр радіуса r , в основі якого – конус, причому основи циліндра і конуса збігаються, а вершина конуса є нижньою точкою метантенка. Вихідна сировина насосом піднімається на висоту метантенка, на що витрачається енергія, яку необхідно ввести в цільову функцію. Циліндрична частина метантенка від l не залежить і тому її висота прийнята рівною нулю. Будемо вважати, що протягом досить великого періоду часу T (терміну експлуатації метантенка) метантенк завантажується на a днів (як показав розрахунок, a найчастіше для оптимального режиму експлуатації близько до десяти днів), після чого звільняється від рідких і твердих фракцій і завантажується знову.

Цільова функція залежить від довжини твірної конуса l і дорівнює

$$F(l) = c\sqrt{l^2 - r^2} gm + Sq - mp, \quad (12)$$

де g – прискорення вільного падіння;

m – маса сировини, що надійшла протягом періоду T ;

S – площа бічної поверхні конуса:

$$S = \pi l, \quad (13)$$

q – вартість 1 м^2 металу, з якого виготовляється конус;

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 \sqrt{l^2 - r^2}, \quad (14)$$

V – об'єм конуса;

$$m = dV \frac{T}{a}, \quad (15)$$

d – питома вага посліду.

Звідси

$$F(l) = dV \frac{T}{a} (c\sqrt{l^2 - r^2} g - p) + \pi l q. \quad (16)$$

Знайдемо похідну $F(l)$ і прирівняємо до нуля.

В результаті після перетворень отримаємо алгебраїчне рівняння другого ступеня

$$k^2 + 4cglk + 4l^2c^2g^2 = \frac{l^2p^2}{l^2 - r^2}, \quad (17)$$

де

$$k = \frac{3a\pi q}{dT}. \quad (18)$$

Рівняння вирішується за допомогою стандартних математичних пакетів при заданих значеннях вхідних у нього параметрів. При цьому слід брати ті корені рівняння, які задовольняють умові

$$\frac{\sqrt{l^2 - r^2}}{r} > \operatorname{tg} \alpha, \quad (19)$$

де $\operatorname{tg} \alpha$ – коефіцієнт тертя добрива про бічну поверхню конуса. Для м'якого заліза коефіцієнт тертя дорівнює 0,49, для інструментальної сталі – 0,48, для хромовольфрамової сталі – 0,47.

Таким чином, на відміну від коефіцієнта тертя, вартості посліду та вартості одного Джоуля енергії, на форму метантенка впливають насамперед витрати, що пов'язані з виробництвом його корпусу.

Висновки. Проведені теоретичні дослідження показали, що оптимальна тривалість переробки посліду не залежить від місткості метантенку; витрата металу на стінки метантенка в розрахунку на один кубічний метр його робочого об'єму досягає мінімуму при висоті конуса, яка дорівнює 2,4 м, а також на форму метантенку впливають насамперед витрати, що пов'язані з виробництвом його корпусу.

Список використаних джерел.

1. Біопаливо. Основні проблеми створення біогазових установок / Б. О. Рубан та ін. *Науковий вісник Національного аграрного університету України*. 2004. Вип. 73. С. 195-201.
2. Boltyansky V., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol. 16, № 2. P. 49-54.
3. Кучерук П. П. Підвищення ефективності виробництва біогазу шляхом сумісного метанового бродіння гнойових відходів та силосу кукурудзи: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.08. Київ: Інститут технічної теплофізики НАН України, 2016. 164 с.
4. Скляр Р. В., Скляр О. Г., Мілько Д. О. Особливості процесу метаногенерації пташиного посліду. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь, 2018. Вип. 8, т. 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-6.
5. Brone I., Allen E., Murphy J. Evaluation of the biomethanepotential from multiple waste streams for a proposed community scale anaerobic



digester. *Environmental Technology*. 2013. Vol. 34, № 13-14. P. 2027-2038. **DOI:** 10.1080/09593330.2013.812669.

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

7. Golub N., Kozlovets O. Technology of anaerobic-aerobic purification of wastewater from nitrogen compounds after obtaining biogas. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2016. Vol. 10, № 3. P. 35-40.

8. Skliar A., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. 2014. Vol. 16, № 2 (b). P. 183-188.

9. Гюнтер Л. И., Гольдфарб Л. Л. Метантенки. Москва: Стройиздат, 1991. 128 с.

10. Eder B., Schultz H. Biogas Installations. Fundamentals of Planning. Construction Works. Types of Installations. Economic Validity (Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg Zorg Biogas) Transl. from German. A practical guide. 2008. 268 p.

11. Bond T., Templeton M. History and future of domestic biogas plants in the developing world. *Energy for Sustainable Development*. 2011. Vol. 15, № 4. P. 347–354. **DOI:** 10.1016/j.esd.2011.09.003.

12. Automatical methane potential test system. Operation and maintenance manual. Lund: Bioprocess control Sweden AB, 2016. 95 p.

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ І ПАРАМЕТРІВ МЕТАНТЕНКУ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Скляр О. Г., Скляр Р. В.

Анотація

В статті обґрунтовано режими і параметри метантенку біогазової установки для підвищення ефективності переробки пташиного посліду. Доведено, що одна з основних завдань щодо обґрунтування режиму біогазових установок – визначення оптимальної тривалості переробки посліду в метантенку. Отримано формулу для її визначення, яка показує залежність оптимальної тривалості переробки від вартості одержуваного тепла, енергії згоряння біогазу та вартості утилізації посліду. З урахуванням наведених допущень, обґрунтовано мінімальну витрату металу на стінки метантенку при висоті конусу, яка дорівнює 2,4 м. Доказано, що на відміну від коефіцієнта тертя, вартості посліду та вартості одного Джоуля енергії, на форму метантенку впливають насамперед витрати, що пов'язані з виробництвом його корпусу.

Ключові слова: біогазова установка, метантенк, пташиний послід, бродіння, тривалість переробки, біогаз, добриво.



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ И ПАРАМЕТРОВ МЕТАНТЕНКА БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Скляр А. Г., Скляр Р. В.

Аннотация

В статье обоснованы режимы и параметры метантенка биогазовой установки для повышения эффективности переработки птичьего помета. Доказано, что одна из основных задач по обоснованию режима биогазовых установок - определение оптимальной продолжительности переработки помета в метантенке. Получена формула для ее определения, которая показывает зависимость оптимальной продолжительности переработки от стоимости получаемого тепла, энергии сгорания биогаза и стоимости утилизации помета. С учетом приведенных допущений, обоснован минимальный расход металла на стенки метантенка при высоте конуса, равной 2,4 м. Доказано, что в отличие от коэффициента трения, стоимости помета и стоимости одного Джоуля энергии, на форму метантенка влияют прежде всего расходы, связанные с производством его корпуса.

Ключевые слова: биогазовая установка, метантенк, птичий помет, брожение, продолжительность переработки, биогаз, удобрения.

THEORETICAL RESEARCH OF THE MODES AND PARAMETERS OF THE BIOGASE MECHANICAL INSTALLATION

Skliar A, Skliar R.

Summary

The article explains the modes and parameters of the digester of a biogas plant to improve the efficiency of processing poultry manure. The experience of operating such plants is negligible, and the decision of technological problems without critical thinking follow the installation of new generations, so there is a contradiction between the theory of the process of anaerobic fermentation of manure to produce biogas and fertilizers and methods of construction and calculation of technical means for its implementation. The intensity of digestion it is possible to increase the mechanical splitting and destruction of the structure of solid organic components or mechanical destruction, which leads to an increase of the active surface, which is processed metanetwork microorganisms, destroying cells and releasing capable of intracellular digestion liquid containing soluble organic matter. It is proved that one of the main problems of the substantiation of the regime of biogas plants – determination of the optimal duration of processing of dung in the digester: long enough to make manure in anaerobic conditions leads to incomplete manure, excessively long processing reduces the mass of litter disposed of during the year and leads to economic losses. The formula for determining the optimal duration of manure, which shows that it depends on the cost of heat obtained, of the energy of combustion of biogas and the cost of utilization of dung. Given the above assumptions, reasonably minimal amount of metal on the walls of the digester at the height of the cone, which is equal to 2.4 m. it is Proved that in contrast to the coefficient of friction, cost of manure and cost of one Joule of energy, in the form of digester is primarily influenced by the costs associated with the production of his body.

Key words: biogas plant, digester, bird droppings, fermentation, duration of processing, biogas, fertilizer.



УДК 631.62(043.5)

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-15

**СИСТЕМА ВОДОВІДВЕДЕННЯ
ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ
В ЗРОШУВАНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ**

Мовчан С. І., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-8665-482X

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*e-mail: msi.movchan@gmail.com

Постановка проблеми. У відповідності Закону України «Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» необхідно проводити заходи, спрямовані на забезпечення екологічної безпеки навколишнього природного середовища [1]. І, в першу чергу, земель сільськогосподарського призначення, а саме зрошуваних земель. Від екологічного стану яких залежать і водна і екологічна безпека країни. За рахунок не лише раціонального і дбайливого використання води в зрошувальному землеробстві. А також для відведення надлишкової вологи, рівномірного її розподілення в шарі ґрунту, в повітряному приґрунтовому середовищі та забезпечення водного балансу.

В Україні істотно поширені процеси підтоплення сільськогосподарських угідь і сільських населених пунктів, які супроводжуються підйомом рівня ґрунтових вод (РГВ) та зумовлюють низку негативних процесів. Останніми роками ця проблема стала особливо актуальною для Херсонської області, яка характеризується найменшою природною дренажістю та найбільшою площею зрошуваних земель в Україні. Тут істотно потерпають від підтоплення безстічні території, на яких у вологі періоди акумулюються великі об'єми поверхневих вод і у подальшому спричиняють стійке та довготривале підтоплення [2, с. 3-4].

Ефективність проведення осушувальних меліорацій визначається врожайністю основних сільськогосподарських культур на освоєних землях. На осушених землях, які склали 28,7% площі сільськогосподарських угідь, було вироблено у грошовому виразі 18,6% продукції рослинництва, а в натуральних показниках: 23,2% зерна, 41,3% льону волокна, 26,5% овочів, 21,5% картоплі, 27,3% кормових коренеплодів, 12,0% багаторічних трав [3].



Згідно актуалізації проблеми використання меліорованих земель в Україні, означених авторами, пов'язаної із сьогоденням і необхідністю їх вирішення, які полягають ефективному використанні існуючих водогосподарсько-меліоративних комплексів (ВМК) – інфраструктури, що забезпечує меліоративне землеробство, сільськогосподарське водопостачання, захист земель і населених пунктів від підтоплення та затоплення [4, с. 3-4].

Туму вирішення задач й завдань, спрямованих на удосконалення нових і розроблення існуючих інженерних рішень визначає актуальність і прикладний характер обраного напрямку наукових досліджень, який полягає в розробленні інженерних рішень, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки зрошуваних земель.

Аналіз останніх досліджень. Найбільш питанням захисту від підтоплення територій, земель сільськогосподарського призначення приділяється увага в Інституті гідротехніки і меліорації НААНУ (м. Київ), проектних організаціях міст Херсона, Миколаєва, територій Басейнового управління Херсонської області, Каховської ГГМЕ, Херсонського обласного центру з гідрометеорології та ін. районних управлінь водного господарства.

Серед науковців, фахівців та спеціалістів, які займалися і займаються питаннями захисту територій від підтоплення, необхідно відзначити: Ромащенко М. І., Михайлов Ю. В., Рокочинський А. М., Войтович І. В., Бабицька О. А. та ін.

Відомі результати досліджень із застосуванням гідрофізичного бар'єру. Саме відсутність інженерних гідротехнічних споруд, що зменшують рівень ґрунтових вод, зумовлює необхідність регулювання води та напрямку потоків вологи у ґрунтах. Використання дренажно-акумуляуючих мереж для захисту від забруднення територій і водних об'єктів передбачено у зоні складування побутових відходів. При цьому міграція елементів може відбуватися у рідкій фазі (розвантаження потоку фільтрату в ґрунтові води), газоподібній (видалення вуглекислого газу, метану, токсичних речовин тривалої дії та речовин неметагенного походження в атмосферу внаслідок аеробних та анаеробних процесів у відвалах відходів) та твердій (унаслідок їх гравітації, дифузії або перекристалізації). Спрямований характер міграційних потоків та зміна на шляху їхнього руху геохімічного середовища проводять до диференціації хімічних елементів та їхніх сполук у вертикальному й горизонтальному напрямках. Явище накопичення останніх через локальні зміни умов міграції у певній частині ландшафтно-геохімічної системи називається бар'єрністю [5, 6].

Для систем точного землеробства розглянуто планування зрошення з використанням геоінформаційних технологій. Розглянуто



планування режимів зрошення сільськогосподарських культур, заснованих на побудові карт водопотреби за допомогою гісто-технологій та моделювання водного балансу ґрунту. Нові методи досліджень ґрунтуються на імітаційній динамічній моделі процесів у середовищі «ґрунт-рослина-атмосфера» із застосуванням ГІС (геоінформаційних систем). У динамічній моделі провідна роль належить регулюванню водного режиму ґрунтів [7].

Упровадження новітніх технологій досліджень та розробки сучасних технічних засобів зумовило розвиток нового напрямку ведення землеробства – точного землеробства. Геоінформаційна технологія дає змогу представляти у просторовому вигляді як вхідні, так і вихідні дані моделювання за наявності технічних засобів, які забезпечують змінні норми поливу та внесення добрив [9, 10].

До таких засобів належать дренаж і дренажні системи, які мають певні переваги перед іншими.

Системи водовідведення, в загальному випадку, визначають ефективність використання існуючих водогосподарсько-меліоративних комплексів. Відомі інженерні розробки систем водовідведення, які використовуються для відведення надлишкової вологи з різних шарів ґрунту, зменшення рівнів підйому води в комунально-житловому та промисловому секторі деяких регіонів країни та ін.

Система водовідведення включає осушувальну траншею, покривну смугу, ґрунтову присипку і засипку водоприймального трубопроводу. У свою чергу, система водовідведення приймального трубопроводу складається з трьох трубопроводів різного діаметру, в яких отвори виконані по різній конфігурації: зовнішній трубопровід 8 має максимальний діаметр (200-225 мм) з подовжніми отворами (10 x 150 мм), середній трубопровід з пластику і перфорацією по діагоналі (діаметром 100-125 мм) і менший трубопровід діаметром 75-80 мм, до яких вода збирається поступово, проходячи через відповідні отвори кожного трубопроводу [11].

Відома ще одна конструкція системи водовідведення включає: осушувальну траншею, покривну смугу, покривну присипку, засипку водоприймального трубопроводу, водоприймальну систему, яка складається з головного приймального трубопроводу, в середині якого розташовано чотири вставки напівсегментної форми по довжині трубопроводу через 90° у живому перерізі і двох допоміжних трубопроводів еліптичної форми з напівеліптичними фільтрувальними вставками, розташованими всередині і по всій довжині трубопроводу [12].

Аналізуючи використання інженерних гідромеліоративних дренажів у системі водовідведення, наведемо наступну їх класифікацію (рис. 1).

З наведеної класифікації дренажів і дренажних систем (рис. 1) наочно видно, що оптимальним конструктивним виконанням однієї з складових гідромеліоративних споруд є конструктивне виконання дренажів. В основі яких покладено які виконують декілька технологічних операцій і, які є основою для комплексної механізації водогосподарського комплексу країни.

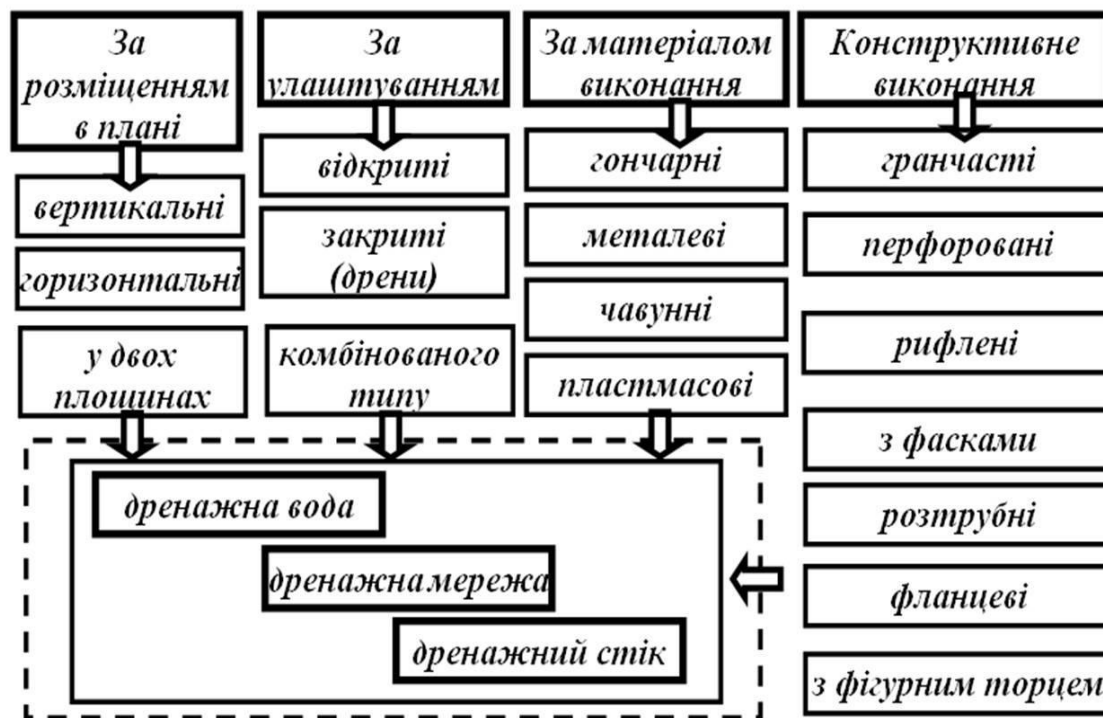


Рис. 1. Класифікація гідромеліоративних дренажів і дренажних систем.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). За рахунок узагальнення конструктивного виконання конструкцій дренажів і дренажних систем, які безпосередньо визначають роботу систем водовідведення і екологічну безпеку зрошувального землеробства, можна визначити головні задачі й завдання досліджень.

Метою досліджень є розроблення конструкції дренажу в якому передбачено багатофункціональність технологічного спрямування і виконання технологічних операцій.

Для вирішення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. За рахунок удосконалення окремих елементів і конструктивних рішень розробити багатофункціональну та ефективну систему водовідведення.

2. Оптимізувати головні показники роботи і параметри системи водовідведення за рахунок визначення конструктивних розмірів головного водоприймального трубопроводу.

Основні матеріали дослідження. Зрошувальні мережі в будь-якому регіоні країни обладнано дренажем і дренажними системами, призначеними для відведення надлишкової води і вологи.

Система водовідведення в одинарній трубі (рис. 2) складається з головного водоприймального трубопроводу 5 водоприймальної системи, в середині якого симетрично, на вісі горизонтального діаметру, встановлено два допоміжних трубопроводи 6. В середині кожного з яких рівномірно, по живому перерізу, розташовано чотири трубопроводи 7 напівеліптичної форми з фільтрувальним трубопроводом 8, прокладеним у нижній частині головного водоприймального трубопроводу 5 водоприймальної системи.

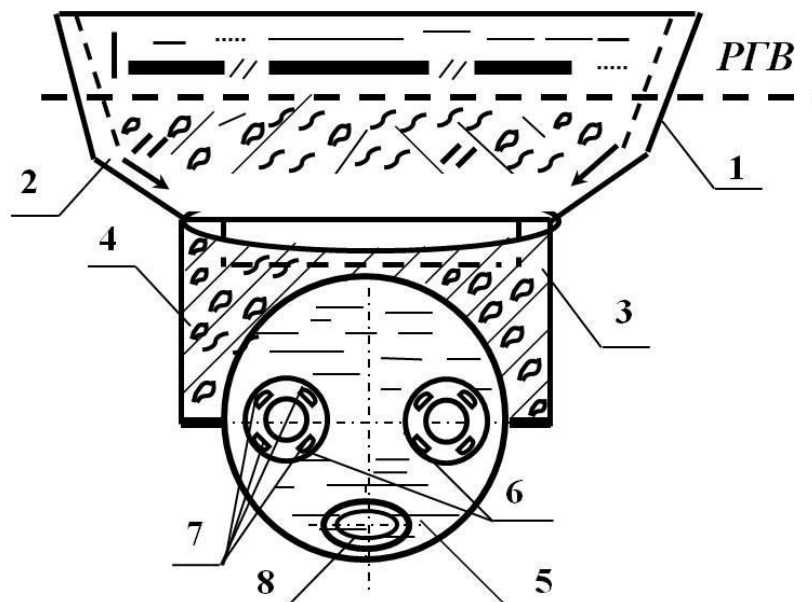


Рис. 2. Система водовідведення в одинарній трубі:

1 - осушувальна траншея; 2 - покривна смуга; 3 - покривна присипка; 4 - засипка головного водоприймального трубопроводу; 5 – водоприймальний трубопровід; 6 – допоміжний трубопровід; 7 - фільтрувальний трубопровід; 8 – напівеліптичний трубопровід.

Система водовідведення розташовується в осушувальній траншеї 1 в покривній смузі 2 і закрита покривною присипкою 3. Причому засипка 4 головного водоприймального трубопроводу 5 водоприймальної системи з двома допоміжними трубопроводами. В середині кожного допоміжного трубопроводу 6 розташовано чотири трубопроводи 7 напівеліптичної форми і фільтрувальний трубопровід 8, прокладений у нижній частині головного водоприймального трубопроводу 5 водоприймальної системи.

Використання пропонованої конструкції головного водоприймального трубопроводу 5 водоприймальної системи (рис. 3, а-в) за різними виконанням і підвищує ефективність роботи всієї

системи у цілому, яка полягає у збільшенні кількості води всієї системи. Вода збирається і відводиться за рахунок окремих потоків, що не пересікаються між собою, поширюються функціональні можливості і продуктивність всієї розробленої системи водовідведення у цілому.

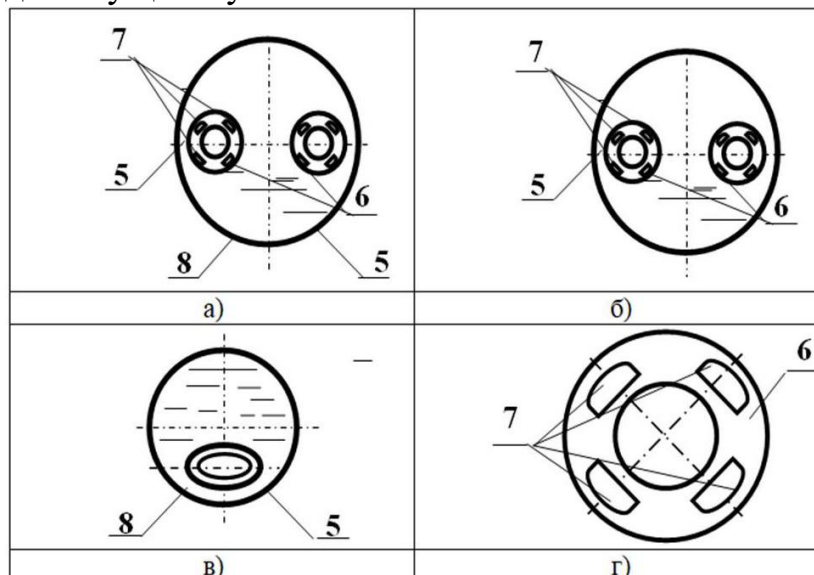


Рис. 3. Складові одиниці та елементи системи водовідведення в одинарній трубі:

а, б - з двома допоміжними трубопроводами; в - з еліптичною трубою в нижній частині одинарної труби; г - комбіноване розташування фільтрувальних трубопроводів.

При заповненні головного водоприймального трубопроводу 5 водоприймальної системи на дві третини, половину чи менше відносно вертикальної висоти діаметру (рис. 3) створюються умови безнапірного руху, а ефективність роботи системи водовідведення обумовлена ламінарним рухом водних потоків у відповідних трубопроводах: допоміжного 6, трубопроводів 7 напівеліптичної форми і фільтрувального 8 трубопроводу. У разі заповнення всіх трубопроводів повністю по живому перерізу, коли має місце напірний рух в усіх трубах, при цьому рух кожного потоку відокремлений, внаслідок чого зменшуються гідравлічні опори, швидкість кожного потоку підпорядковується, що відповідає технологічному спрямуванню кожного трубопроводу, які входять до складу системи водовідведення.

Згідно конструктивного виконання водоприймального трубопроводу водоприймальної системи (рис. 3, а) в середині вісі діаметру, напівеліптичної труби 8 водоприймального трубопроводу 5 водоприймальної системи, розташовано два допоміжні трубопроводи. Таке конструктивне виконання значно збільшує продуктивність системи водовідведення в одинарній трубі.



Конструкція водоприймального трубопроводу водоприймальної системи (рис. 3, б) з двома допоміжними трубопроводами значно поширює функціональні можливості системи водовідведення.

Встановлення еліптичного трубопроводу (рис. 3, в), розташованому в нижній частині трубопроводу, сприяє збиранню водних ресурсів у нижніх шарах ґрунтів, відведенню води і водних розчинів з підвищеним вмістом солей і забруднень із вмістом механічних домішок і завислих речовин.

Комбіноване розташування фільтрувальних трубопроводів (рис. 3, г) значно поширює функціональні можливості системи водовідведення. При цьому збирання та відведення, за конструктивним виконанням, можливо як кожній окремі трубі, так і одночасно у всіх трубах.

Оптимальними вважаються умови, при яких головний водоприймальний трубопровід 5 водоприймальної системи заповнений на дві третини живого перерізу трубопроводу по висоті. В таких гідравлічних умовах роботи водоприймальної системи в одинарній трубі підвищується ефективність, збільшуються і поширюються функціональні можливості і продуктивність всієї системи у цілому.

Основні показники роботи системи водовідведення в одинарній трубі із розташованим у нижній частині головним водоприймальним трубопроводом наведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Показники роботи системи водовідведення в одинарній трубі

Конструктивні параметри головного водоприймального трубопроводу	Горизонти шарів ґрунту, м								
	1,20-1,25			1,30-1,35			1,40-1,50		
Глибинне розташування (залягання) головного водоприймального трубопроводу, шарів ґрунту, відносно поверхні землі	1,20-1,25			1,30-1,35			1,40-1,50		
Рівень (висотне) заповнення головного водоприймального трубопроводу по висоті	1/3	1/2	2/3	1/3	1/2	2/3	1/3	1/2	2/3
Умови «роботи» головного водоприймального трубопроводу, відповідно конструктивного виконання	+		+		+	+		+	+
Ефективність збирання, накопичення й відведення стічних вод, %	78	56	69	50	82	75	57	68	70

З наведених табличних даних (табл. 1) наочно видно, що найбільш сприятливі умови руху у разі, якщо наповнення трубопроводу на $\frac{1}{2}$ висоти діаметру, при цьому ефективність становить 82-85% для горизонту шарів ґрунту в межах 1,30-1,35 м.

Згідно запропонованого конструктивного виконання розробленої системи водовідведення в одинарній трубі передбачається компактність розташування головного водоприймального трубопроводу водоприймальної системи, простота і надійність в роботі при збиранні значних об'ємів води з підвищеним вмістом механічних домішок, завислих речовин та ін. забруднень, розташованих на інших горизонтах шарів ґрунту в межах 1,2 – 1,5 м.

Таким чином, розроблене конструктивне рішення системи водовідведення в одинарній трубі підвищує ефективність всієї системи, збільшує кількість і об'єми води, що збирається і відводиться, а також поширює функціональні можливості та продуктивність запропонованої конструкції системи водовідведення у цілому.

Розглянуто підходи до побудови й реалізації моделі оптимізації конструкції та параметрів сільськогосподарського дренажу осушувальних систем за множинними змінними природно-агроекологічними умовами реального об'єкта з прикладом розрахунку [8, с. 8-9].

Результати проведених досліджень, а також опит проектування окремих елементів гідротехнічних споруд, які використовуються в зрошувальному землеробстві, дозволили удосконалити конструкцію системи водовідведення. Перевагами й позитивними якостями щодо використання системи водовідведення є: простота, надійність, поширені функціональні можливості та ефективні умови збирання, накопичення й відведення води з різних шарів ґрунту.

Результати та висновки досліджень.

За рахунок проведення моніторингу зрошувальних земель, умов водовідведення та збереження водного балансу сільськогосподарських угідь створюються умови для використання систем водовідведення або їх окремих елементів. Доцільно використовувати багатофункціональні системи водовідведення.

Головними висновками необхідно відзначити наступне:

1. Для проведення ефективної боротьби із підтопленням системи водовідведення повинні задовольняти умовам розташування, широкому діапазону збирання води і водних ресурсів з різних шарів ґрунту.

2. При розробленні й функціонуванні водогосподарсько-меліоративних об'єктів, в яких системи водовідведення є важливою складовою частиною, необхідно враховувати еколого-економічні вимоги і аспекти зрошувального землеробства.



3. Виконання в трубопроводі системи водовідведення відрізняється комбінованим конструктивним використанням головного водоприймального трубопроводу водоприймальної системи з двома допоміжними трубопроводами.

4. Крім того, в середині кожного допоміжного трубопроводу рівномірно, по живому перерізу, розташовано чотири трубопроводи напівеліптичної форми і фільтрувальним трубопроводом, прокладеним у нижній частині головного водоприймального трубопроводу водоприймальної системи.

5. Оптимальні конструктивні параметри головного водоприймального трубопроводу відзначаються наступними геометричними розмірами: горизонт шарів ґрунту на глибині 1,30-1,35 м, рівень (висотне) заповнення головного водоприймального трубопроводу на рівні $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{25}$ висоти (діаметру) трубопроводу, ефективність збирання, накопичення й відведення стічних вод становить 82-85 %.

Список використаних джерел:

1. Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року : Закон України від 24.05.2012 р. № 4836-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4836-17> (дата звернення: 22.05.2020).

2. Бабицька О. А. Ефективність систем інженерного захисту від підтоплення самопливного та примусового типу та напрям їх удосконалення: автореферат. дис. ...канд. техн. наук : 06.01.02. Київ, 2020. 21 с.

3. Паньків З. П. Земельні ресурси: навч. посібник. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. 272 с.

4. Зубець М. В., Коваленко П. І., Михайлов Ю. О. Проблема використання меліорованих земель. *Меліорація і водне господарство*. 2008. Вип. 96. С. 3-13.

5. Systems for Waste Disposal Facilities / R. K. Rowe et al. London: Taylor & Francis Books Ltd, 2004. 587 p.

6. Rowe R. K. Barrier Systems. *Geotechnical and Geoenvironmental Engineering Handbook*. Norwell, 2001. P. 739-788.

7. Guido D'Urso. Simulation and management of on-demand irrigation Systems: a combined agrohydrological and remote sensing approach: doctor's thesis / Wageningen University. 2001.

8. Рокочинський А. М., Волк П. П., Паллу Л. М. Обґрунтування конструкції та параметрів дренажу за множинними зміненими умовами досліджуваного об'єкта. *Меліорація та водне господарство*. 2013. Вип. 100(2). С. 8-16.



9. Tyler D. A., Roberts D. W., Nielsen G. A. Location and guideline for site-specific management. *The State of specific Management for Agriculture*. Madison: WI, 1997. P. 161-181.

10. Spatial Variability of water application under pivot irrigation / R. W. Jordan et al. *Precision agriculture-99*. Odense : Sheffield Academic Press, 1999. P. 739-748.

11. Система водовідведення: пат. на корисну модель 102593 Україна: МПК⁷ (2015.01) E01 B15/00. № u 201503997; заявл. 27.04.2015; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 21.

12. Система водовідведення: пат. на корисну модель 135244 Україна: МПК⁷ (2019.01) E02 B11/00 (2006.01). E02 B3/40 (2006.01). № u 201900156; заявл. 04.01.2019; опубл. 25.06.2019, Бюл. № 12.

СИСТЕМА ВОДОВІДВЕДЕННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В ЗРОШУВАНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Мовчан С. І.

Анотація. Нерівномірність води і водних ресурсів в сільськогосподарському виробництві, в системах зрошувального землеробства є основою для удосконалення існуючих і розроблення нових систем водовідведення. В основі улаштування та експлуатації систем водовідведення використовуються дренаж і дренажні системи. Від ефективності роботи дренажів і дренажних систем залежить видалення надлишкової води з ділянок зрошувального землеробства, надійна робота систем водовідведення у цілому.

Система водовідведення, одночасно із системами подачі води, є складовою частиною зрошувального землеробства. Їх продуктивність визначається і залежить від водного балансу відповідної території, на якій системи водовідведення облаштовуються. Тому їх проектування, розроблення окремих елементів і безперебійна експлуатація повинні відповідати сучасним вимогам проектування та експлуатації систем зрошувального землеробства.

Ключові слова: система водовідведення, дренаж, дренажні системи, ґрунтові води, осушувальна траншея, водоприймальний трубопровід, фільтрувальний трубопровід, рівень ґрунтових вод.

СИСТЕМА ВОДООТВЕДЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Мовчан С. И.

Аннотация. Неравномерность воды и водных ресурсов в сельскохозяйственном производстве, в системах орошаемого земледелия является основой для совершенствования существующих и разработки новых систем водоотведения. В основе устройства и эксплуатации систем водоотведения



используются дренаж и дренажные системы. От эффективности работы дренажей и дренажных систем зависит удаление избыточной воды из участков орошаемого земледелия, надежная работа систем водоотведения в целом.

Система водоотведения, одновременно с системами подачи воды, является составной частью орошаемого земледелия. Их производительность определяется и зависит от водного баланса соответствующей территории, на которой системы водоотведения обустраиваются. Поэтому их проектирование, разработки отдельных элементов и бесперебойная эксплуатация должны отвечать современным требованиям проектирования и эксплуатации систем орошаемого земледелия.

Ключевые слова: система водоотвода, дренаж, дренажные системы, грунтовые воды, осушительная траншея, водоприемный трубопровод, фильтровальный трубопровод, уровень грунтовых вод.

WATER SUPPLY SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL SAFETY AGRICULTURAL LANDING

S. I. Movchan

Summary

The unevenness of water and water resources in agricultural production, in irrigation systems is the basis for improving existing and developing new drainage systems. Drainage and drainage systems are used as the basis for the arrangement and operation of drainage systems. Efficiency of drainage and drainage systems depends on the removal of excess water from irrigation areas, reliable operation of drainage systems as a whole.

The drainage system, together with the water supply systems, is an integral part of irrigation agriculture. Their productivity is determined and depends on the water balance of the respective territory in which the drainage systems are installed. Therefore, their design, development of individual elements and trouble-free operation must meet the modern requirements for the design and operation of irrigated agriculture systems.

Drainage and drainage systems play a leading role in the arrangement and operation of drainage systems. In their design, standard pipelines, drainage, drainage systems, water intake and filter pipelines, etc. are used.

The drainage system in a single pipe consists of the main water intake pipeline of the water intake system, in the middle of which is symmetrically, on the axis of the horizontal diameter, two auxiliary pipelines are installed, and in the middle of each of them, four pipelines in the form of a pipeline pipeline laid at the bottom of the main water intake pipeline water intake systems.

The use of the proposed design of the main water intake pipeline 5 of the water intake system increases the efficiency of the whole system as a whole, which is to increase the amount of water of the whole system, which is collected and discharged due to individual flows that do not overlap, extend the functionality and productivity of the entire developed drainage system in general.

Keywords: drainage system, drainage, drainage systems, groundwater, drainage trench, water intake pipeline, filtering pipeline, groundwater level.



УДК 631.6.02:631.51.61

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-16

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Болтянська Н. І., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-7887-4715

Болтянський О. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-9543-5538

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. Україна належить до числа країн з розвинутою індустріальною базою і достатньо високим ресурсним потенціалом. На сьогодні в основному вичерпані можливості інерційного зростання, що підтверджено звуженням зовнішнього попиту та надмірним насиченням внутрішнього ринку імпортованими товарами. Національна економіка потребує глибоких перетворень, зокрема у промисловості, сільському господарстві, системі державного і корпоративного управління, що дасть змогу підвищити економічну стійкість країни. Нерозвиненість внутрішнього ринку, низький рівень конкурентоспроможності вітчизняного виробництва, послаблення державного управління національною економікою, зокрема її промисловим комплексом, протягом останніх двох десятиліть погіршують стратегічні перспективи розвитку країни. Такий стан справ викликаний глибокими структурними диспропорціями - значна частка виробництва є матеріало-, енерго- та трудомісткою) [1-4].

Створення високоефективного сільського господарства можливе тільки при широкому впровадженні досягнень науково-технічного прогресу. Але при цьому різко підвищуються витрати паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів у нашій країні дуже низька, а енергоємність нашого внутрішнього продукту в три-п'ять разів вища, ніж у розвинених країнах світу. Особливо гостро ця проблема існує в галузях АПК, зокрема в сільському господарстві, яке є не лише споживачем енергії, а й її генератором. Застаріла виробнича база сільського господарства разом з установленими суспільними стереотипами становить реальну перешкоду для формування ефективної економіки. Підсумовуючи вищевикладене, можна стверджувати, що проблеми енергозбереження є дуже актуальні для України і вимагають скоординованих дій на всіх рівнях) [5-7].

Аналіз останніх досліджень. Проблеми зниження енерговитрат і енергомісткості аграрної економіки, як передумови посилення енергетичної незалежності України, а також впровадження найбільш дієвих механізмів реалізації енергозберігаючих заходів у сільському господарстві розглядаються такими науковцями, як Грабак Н. Х., Діак І. В., Запухляк І. Б., Ковалко М., Кравцова Л. В., Сизонова І. В., Шегда А. В., Юдін М. А. Місце енергозбереження у забезпеченні енергетичної безпеки країни та результати оцінювання потенціалу енергозбереження в Україні висвітлюються в працях Свірчевської Ю. А., Сердюк Т. В., Сотник І. М., Жовтянського В. А. [8-13].

Аналіз результатів наукових досліджень і публікацій підтверджує доцільність продовження вивчення проблеми раціонального енерговикористання, зокрема в підприємствах АПК.

Формулювання цілей статті. Дослідити структуру енергоємності однієї тони продукції рослинництва і тваринництва в Україні і визначити напрями енергозбереження в сільському господарстві.

Основна частина. Сільське господарство належить до великоенергоємних споживачів. Висока енергоємність продукції сільського господарства пояснюється багатьма причинами, у тому числі низькою продуктивністю ланів і тваринницьких ферм, відсутністю належного контролю за енергоспоживанням, не розробленістю заходів щодо економії і зменшення втрат енергії, розвитку нових, низько енергоємних технологій та використання місцевих джерел енергії [14,15].

Таблиця 1 - Структура енергоємності однієї тони продукції рослинництва і тваринництва в Україні

Енергетичний ресурс у перерахунку на умовне паливо, кг у. п.	Зернові	Корми, кормових одиниць	Молоко	Приріст живої маси тварин на відгодівлі
Електроенергія	9,9	–	69,17	251,54
Теплоенергія	–	–	27,81	690,25
Бензин	68,1	271	28,49	128,42
Дизельне пальне	27,6	118	35,93	59,43
Паливо на виробництво кормів	–	–	465,6	3573,70
Всього, кг у. п.	105,6	389	627	4703,34

У сільському господарстві України витрачається щорічно біля 29 млрд. кВт·год. електроенергії, у тому числі у виробничій сфері – 68%, невиробничій – 32%. Більше половини електроенергії



витрачається на електроприводи стаціонарних установок, $1/3$ – на електротеплопостачання, решта – на освітлення і побутові прилади. Загальна кількість електроспоживачів (електродвигунів, нагрівальних та інших установок) перевищує 6,5 млн. Але тим не менше рівень електроозброєності сільського господарства України в 1,5–2 рази нижчий, ніж у розвинених країнах.

Економічний спад в Україні зумовив погіршення енергетичної ситуації на селі. Дослідження показують, що в останні роки намітились тенденції погіршення використання електроенергії. Так, на молочнотоварних фермах ВРХ витрати електроенергії в середньому вищі від нормативних на 7%. Різке зменшення витрат палива та енергії відбулося не за рахунок енергозбереження, а за рахунок вимушеного скорочення обсягів споживання, спаду виробництва, зменшення поголів'я тварин і птахів, площ вирощування овочів у закритому ґрунті. Дослідження з енергетичного аудиту показують, що якщо витрати на енергію перевищують 29% вартості продукції, то господарство знаходиться на межі банкрутства, 29–24% – безприбуткове, менше 24% – прибуткове [16-18]. Зростання цін на енергію обумовило нерентабельність цілого ряду виробництв. Ціновий фактор, як стимулятор раціонального енерговикористання, в умовах відсутності антимонопольної цінової політики, програм інвестування енергозберігаючих заходів практично не працює.

Розв'язання проблеми енергозабезпечення сільського господарства можливе за рахунок енергозбереження, застосування нетрадиційних джерел енергії, утилізації вторинних енергоресурсів, розробки і впровадження малоенергоємних нових технологій.

Отже, перш ніж пропонувати заходи з економії ПЕР, необхідно встановити для кожного виробництва такі рівні енергоспоживання, при яких досягається найвищий виробничий ефект. Споживання ПЕР, яке відповідає максимальному ефекту виробництва, і буде тим оптимальним рівнем, зміна якого як у бік зменшення, так і в бік збільшення однаковою мірою буде збитковим для виробництва. Таким чином, проблеми енерговикористання і енергозбереження – це не стільки енергетичні, скільки економічні проблеми, і розв'язувати їх потрібно з економічних позицій.

При пошуках економічно виправданих шляхів енергозбереження необхідно розглядати сільське виробництво як єдину товаровиробляючу систему, в якій енерговикористання і енергозбереження є лише допоміжними системами.

Для об'єктивної оцінки можливостей енергозбереження необхідно розглядати повну енергоємність кінцевого продукту, яка включає в себе інвестиційні, прямі експлуатаційні і непрямі енерговитрати. При виборі способів енергозбереження потрібно розрізнити три складові

витрат енергії: на виконання корисної роботи, на технічно неминучі втрати при перетвореннях і передачах і непродуктивні витрати, обумовлені порушенням регламенту енергоустановок, безгосподарністю, крадіжками тощо. Таким чином, енергозбереження сільського господарства – велика комплексна задача, виконання якої можливе за п'ятьма головними напрямками (рис. 1.).



Рис. 1. Класифікація напрямів енергозбереження в сільському господарстві.

Технічні та енергетичні заходи з енергозбереження закладаються вже на етапах розробки агрозоотехнічних завдань і техніко-економічних обґрунтувань, проектування і конструювання, виготовлення і монтажу нового енергетичного обладнання.

Важливим заходом енергозбереження є використання сучасного високоефективного обладнання і установок. У сільському господарстві України біля 65% електроенергії використовується для електропривода машин і механізмів і до 10% на освітлення. Використання електродвигунів з високим ККД, автоматизація режимів роботи електропривода, регулювання швидкості обертання робочих органів, завантаження робочих машин, обмеження холостого ходу тощо дають змогу економити 20% електроенергії, що витрачається на електропривод.

Підвищення рівня використання вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР). За рахунок утилізації викидної теплоти на тваринницьких і



птахівничих фермах можна зменшити витрати енергії на опалення на 15–30%. При цьому вартість 1 кВт утилізаційного обладнання у 2–3 рази нижче вартості 1 кВт на електростанції.

Заміщення традиційних палив і енергії на нетрадиційні джерела, використання енергії сонця і вітру, біопалива знайдуть практичне застосування тільки тоді, коли ціни на ці палива не будуть вищими від цін палив традиційних. Виконання цієї умови вимагає: підвищення ефективності установок для використання нетрадиційних джерел енергії, пошуку ефективної сировини рослинного походження для біопалива, її складування, транспортування, переробки і розподілу біопалива та утилізації відходів.

Підвищення ефективності використання сировини для біопалива можна досягнути за рахунок:

- збільшення урожайності;
- ефективної організації праці;
- впровадження міжгосподарських форм співпраці при вирощуванні рослин, призначених для енергетичних потреб.

Якщо врахувати світовий досвід застосування поновлювальних джерел енергії і перехідний період до ринкової економіки у нашій країні, то розвиток поновлювальної енергетики повинен пройти чотири етапи.

Перший етап – глибокий (з урахуванням світового досвіду) аналіз і складання картографічного атласу ПДЕ області, регіону, країни.

На *другому етапі* поряд з виконанням програми розробки технологій і створенням технічних засобів промисловими підприємствами важливо прийняти закон про екологічну чистоту поновлювальної енергетики.

Третій етап є широкою демонстрацією готових комплектів обладнання, яке дозволяє використовувати різні ПДЕ у прогресивних технологіях виробництва сільськогосподарської продукції і побуті.

Четвертий передбачає широку реалізацію обладнання, максимальну заміну традиційних енергоносіїв поновлювальними.

Можливі наступні напрямки використання ПДЕ:

- автономне енергопостачання малопотужних віддалених споживачів (котедж, дім, фермерське господарство, система водопостачання або зрошення тощо);
- зменшення піків або регулювання навантаження в системах централізованого енергопостачання (системи сонячного теплопостачання і кондиціонування, геліосушильні комплекси, біогазові теплові установки, сонячні енергоустановки тощо);
- робота в якості електростанцій сумісно з енергосистемою (мікро і міні ГЕС, геотермальні, вітроенергетичні і сонячні електростанції).

Таблиця 2 - Баланс потреби в енергоресурсах ферми в тонах у. п.

Енергетичний ресурс	Всього	у тому числі	
		на теплові потреби	на виконання механічних робіт
Витратна частина			
Електроенергія	7,39	1,63	5,76
Пальне, використане на фермах	10,25	6,26	4,0
Пальне на вирощування кормів	23,96	–	23,96
Всього	41,58	7,89	33,69
Прихідна частина			
Енергія біогазу	17,2	–	17,2
Сонячна енергія	25,0	25,0	–
Енергія вітру	14,0	–	14,0
Утилізація теплоти молока	2,5	2,5	–
Утилізація теплоти вентиляційних викидів	3,9	3,9	–
Всього	62,6	31,4	31,2

До найбільш ефективних заходів зі зменшення енергоємності виробничих процесів належить широке впровадження нових технологій; до заходів, які потребують незначних витрат і відзначаються високою ефективністю, належать питання організації енергозбереження.

Висновки. Для об'єктивної оцінки можливостей енергозбереження необхідно розглядати повну енергоємність кінцевого продукту, яка включає в себе інвестиційні, прямі експлуатаційні і непрямі енерговитрати. При виборі способів енергозбереження потрібно розрізняти три складові витрат енергії: на виконання корисної роботи, на технічно неминучі втрати при перетвореннях і передачах і непродуктивні витрати, обумовлені порушенням регламенту енергоустановок, безгосподарністю, крадіжками тощо. До найбільш ефективних заходів зі зменшення енергоємності виробничих процесів належить широке впровадження нових технологій; до заходів, які потребують незначних витрат і відзначаються високою ефективністю, належать питання організації енергозбереження.

Список використаних джерел:

1. Boltyansky B. V., Boltyansky O. V., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol.16, No 2. P. 49–54.



2. International Energy Agency, The power of transformation. Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems / International Energy Agency. Paris, 2014. 238 с.

3. Boltyanska N. Ways to Improve Structures Gear Pelleting Presses *TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. Lublin-Rzeszow, 2018. Vol. 18, No 2. P. 23–29.

4. Комар А. С. Роль інфраструктури сільських територій в розвитку агропромислового комплексу. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі* : матер. I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф.(01-24 квітня 2020 р.). Мелітополь, 2020. С. 49-53.

5. Комар А. С. Організаційно-економічні заходи ресурсозбереження в молочному скотарстві. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції* : тези Міжнар. наук.-пр. форуму (21-22 червня 2019р.). Мелітополь, 2019. С. 36–39.

6. Болтянський О. В. Зменшення витрат енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. *Крамаровські читання* : зб. тез доповідей II Міжнар. наук.-техн. конф. / НУБіП. Київ, 2015. С. 54–55.

7. Заболотько О. О. Аналіз потенційних напрямів ефективного розвитку галузі свинарства. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі* : матер. I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (01-24 квітня 2020 р.). Мелітополь, 2020. С. 121-127.

8. Ковалко М. Розвинута енергетика – основа національної безпеки України. Київ: Бізнесполіграф, 2009. 104 с.

9. Болтянська Н. І. Забезпечення якості продукції у галузі сільськогосподарського машинобудування. *Науковий вісник НУБіП. Сер. Техніка та енергетика АПК*. Київ, 2014. Вип.196, ч.1. С. 239–245.

10. Юдін М. А. Напрями вдосконалення політики енергозбереження в Україні. *Праці Одеського політехнічного університету*. Одеса, 2011. Вип. 3(37). С. 237–240.

11. Болтянський О. В. Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2016. Vol.18, No13. P.49–54.

12. Грабак Н. Х. Проблеми енергозбереження в АПК України та шляхи її розв'язання. *Екологія. Наукові праці*. 2010. Вип. 138, т. 150. С. 83–89.

13. Москалёва Е. Г., Савельева А. В., Тоняева Е. А. Ресурсосберегающие мероприятия в сельском хозяйстве. *Молодой ученый*. 2015. № 7. С. 455–458.



14. Hayes S., Baum N., Herndon G. Energy Efficiency: Is the United States improving? 2013. URL: <https://www.aceee.org/files/pdf/white-paper/ee-is-the-us-improving.pdf> (дата звернення: 22.02.2020).

15. Скляр О. Г. Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник. Київ: Видавничий дім Кондор, 2018. 380 с.

16. Skliar O., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *Motrol: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. Vol. 16, No 2. P. 183-188.

17. Болтянська Н. І. Система чинників ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві на підприємстві. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2016. Вип.6, т.1. С. 55-64.

18. Adrados A., De Marco I., Lopez-Urionabarrenechea A. Pyrolysis behavior of different type of materials contained in the rejects of packaging waste sorting plants. *Waste Management*. 2013. Vol. 33. P. 52–59.

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Болтянська Н. І., Болтянський О. В.

Анотація

У статті наведено класифікацію напрямів енергозбереження в сільському господарстві. Відзначено, що технічні та енергетичні заходи з енергозбереження закладаються вже на етапах розробки агрозоотехнічних завдань і техніко-економічних обґрунтувань, проектування і конструювання, виготовлення і монтажу нового енергетичного обладнання. Заміщення традиційних палив і енергії на нетрадиційні джерела, використання енергії сонця і вітру, біопалива знайдуть практичне застосування тільки тоді, коли ціни на ці палива не будуть вищими від цін палив традиційних. Виконання цієї умови вимагає: підвищення ефективності установок для використання нетрадиційних джерел енергії, пошуку ефективної сировини рослинного походження для біопалива, її складування, транспортування, переробки і розподілу біопалива та утилізації відходів. Виділено чотири етапи, які повинен пройти розвиток поновлювальної енергетики в нашій країні. Визначено, що до найбільш ефективних заходів зі зменшення енергоємності виробничих процесів належить широке впровадження нових технологій; до заходів, які потребують незначних витрат і відзначаються високою ефективністю, належать питання організації енергозбереження.

Ключові слова – сільське господарство, енергозбереження, ефективність, нетрадиційні джерела, енергоємність.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Болтянская Н. И., Болтянский О.В.

Аннотация

В статье приведена классификация направлений энергосбережения в сельском хозяйстве. Отмечено, что технические и энергетические мероприятия по



энергосбережению закладываются уже на этапах разработки агрозоотехнических заданий и технико-экономических обоснований, проектирования и конструирования, изготовления и монтажа нового энергетического оборудования. Замещение традиционных видов топлива и энергии на нетрадиционные источники, использование энергии солнца и ветра, биотоплива найдут практическое применение только тогда, когда цены на эти топлива не будут выше цен традиционных топлив. Выполнение этого условия требует: повышение эффективности установок для использования нетрадиционных источников энергии, поиска эффективного сырья растительного происхождения для биотоплива, ее складирования, транспортировки, переработки и распределения биотоплива и утилизации отходов. Определено, что к наиболее эффективным мероприятиям по уменьшению энергоемкости производственных процессов относится широкое внедрение новых технологий. К мерам, которые требуют незначительных затрат и отличаются высокой эффективностью, относятся вопросы организации энергосбережения.

Ключевые слова – сельское хозяйство, энергосбережение, эффективность, нетрадиционные источники, энергоемкость.

DEFINING DIRECTIONS OF ENERGY SAVING IN AGRICULTURE

N. Boltianska, O. Boltyanski

Summary

Dairy cattle breeding at the present stage of development of livestock breeding among a large number of industries occupies a leading place in ensuring food security in Ukraine. The priority task of specialists and scientists engaged in the dairy industry for the stable supply of dairy products to the population is the creation of specialized dairy complexes for the production of milk, where its production technology, machinery and equipment would correspond to the modern European level and ensure high-quality and profitable milk. Machine milking is one of the most complex production processes on dairy farms and industrial complexes. The effectiveness of this process depends on a number of factors related to the physiological state of the animal. This process accounts for about 50% of the total labor costs for servicing cows. Milking machine facilitates the work of operators and increases their productivity several times, allows you to get clean, high quality milk at low cost. But, despite the widespread use of machine milking, it often turns out to be ineffective, leading to a decrease in animal productivity, an udder disease and a deterioration in the quality of milk. The study of the process of mechanical stimulation of the udder and the determination of the dependence of the level of oxytocin and milk yield on the presence of milking stimulation shows that we obtain the following effect from milk pre-milking stimulation before milking for one minute: milk production began immediately at the moment “0”. This means that there is no delay in milk transfer between the flow of milk from the tanks of the udder and the flow of milk from the alveoli. Mechanical stimulation of milk transfer contributes to a more complete emptying of the udder and an increase in the productivity of cows, allows stably preparing the udder for milking, and increases the productivity of the milking unit by 10.4%.

Key words – agriculture, energy saving, efficiency, non-traditional sources, energy intensity.



УДК 621.91

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-17

АНАЛІЗ ПЛОСКОГО ПЛАСТИЧНОГО ПЛИНУ МАТЕРІАЛУ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ОБРОБЛЮВАНOSTІ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

Колодій О. С., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-2237-6730

Сушко О. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-9840-3611

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

e-mail: aelxandr@rambler.ru

Постановка проблеми. Тенденція до все більш досконалих металорізальних верстатів та способів обробки робить все більш важливою розробку правильної теорії обробки, яка б дозволила пов'язати основні та допоміжні величини способів. В ідеалі, теорія повинна полегшити прогнозування таких факторів, як посилення різання (потужність, що витрачається), стійкість ріжучого інструменту, якість поверхні, коли відомі основні фізичні та механічні властивості деталі та інструменту, а також робочі умови (швидкість різання, подача, форма інструменту).

Така теорія була би вкрай необхідною при оцінюванні оброблюваності матеріалу, при виборі оптимальних умов різання та програмуванні металорізальних верстатів з ЧПУ [1]. У теперішній час ці проблеми вирішуються переважно емпіричним шляхом; вимірювання потребують багато часу, а отримані результати можна переносити з достатнім ступенем надійності тільки на робочі умови, подібні умовам випробувань. У роботі зроблено спробу розробки теоретичного методу для оцінювання оброблюваності металорізальних верстатів, який зможе надати результати, які застосовуються в більш широкій області умов різання.

Аналіз останніх досліджень. При дослідженні процесів різання більшість дослідників враховували відносно простий спосіб прямокутної обробки, при якому верхній шар матеріалу знімається інструментом з прямою ріжучою кромкою. Крім того, звичайно обмежуються обробкою з безперервною стружкою, яка утворюється без обривів пластичною деформацією. Наріст на кромці не враховується. Коли товщина стружки мала по відношенню до ширини стружки, тоді процес відповідає рівномірному руху з плоскою деформацією. Теорії, які базуються на цій моделі, можуть також охоплювати ті умови, які призводять до переривистого стружкоутворення та утворення наросту



на ріжучій кромці. Таку теорію з відповідним наближенням можливо розповсюдити й на обробку під кутом, коли ріжуча кромка нахилена до швидкості різання (кут нахилу $> 0^\circ$), й на велику множину практично застосовуваних способів обробки.

Одним з найбільш повних досліджень даного питання було проведено М. Е. Merchant [2], який виразив силу, яка діє у напрямку швидкості різання, у величинах міцності матеріалу на зсув, кута зрізу, кута сходу стружки та середнього кута тертя на передній грані інструменту. Інше відоме рівняння кута зрізу було складено Е. Н. Lee та Schaffer [3], які застосували теорію лінії ковзання поля для вирішування цієї проблеми, які довели, що без точної оцінки кута різання неможливо зробити передбачення щодо поведінки сили різання, температур та багато чого іншого. Найкращу узгодженість між передбаченими та експериментальними величинами для кута різання було досягнуто тим, що в рівняння кута різання були введені поняття, які показують величини, вибрані як «придатні», але їх неможливо перевірити незалежними вимірюваннями [4, 5]. Тим не менш, створити теорію різання, яка дає результати, які можливо застосувати в більш широкій області умов різання та які можливо досягти з найменшими витратами труда та часу, так і не змогли.

Формулювання мети статті. Метою роботи є розробка більш реалістичної моделі теорії зсуву поверхні для аналізу оброблюваності за допомогою використання нових методів створення пластичного плинину та аналізу напружень при утворенні стружки.

Основна частина. Одним з самих значних та у більшості випадків застосовуваних методів для аналізу плоского пластичного плинину є метод поля ліній ковзання [6]. У цьому методі рішення приймає форму прямокутної системи кривих (ліній ковзання), напрям яких у кожній точці пластичної зони зображують напрям максимального напруження зсуву та величин видовження зсуву (у ізотропного матеріалу ці напрямки співпадають). Для змін напруження та швидкості вздовж ліній ковзання складаються рівняння. У можливому полі ліній ковзання повинні дотримуватися всі пограничні умови для натягіння та швидкості при застосуванні цих рівнянь вздовж ліній ковзання. Якщо замість цього для аналізу застосовується теорія передбачення поля ліній ковзання, то необхідна наступна перевірка: чи має величина деформації у межах пластичної зони всюди позитивні значення та чи не перевишили пов'язані з цим розподілення напруг между текучості на розтяг (у взятих нерухомих та пружних зонах). Описання цього методу міститься в роботах Р. Л. В. Oxley та Д. А. Stephenson [6, 7].

У теорії ліній ковзання передбачається, що щільність матеріалу під час пластичної деформації залишається постійною (константний об'єм), що можливо виразити величинами розтягіння у наступному



рівнянні:

$$\dot{E}_x + \dot{E}_y + \dot{E}_z = 0, \quad (1)$$

де $\dot{E}_x, \dot{E}_y, \dot{E}_z$ – Декартові компоненти величини розтягу.

Якщо стан плоскої деформації так визначається, що x, y – типова площа ковзання та ковзання не залежить від z , тоді $E_z = 0$, та:

$$\dot{E}_x = \dot{E}_y \quad (2)$$

Це рівняння можна зобразити у вигляді кола, з якого видно, що величина розтягу вздовж ліній ковзання дорівнює нулю. Це означає, що при розгляді коротких елементів ліній ковзання, їх можна представити як жорсткі ланцюги, так як розтяг вздовж елемента повинно дорівнювати нулю. Іншими словами, дві сусідні точки в пластичній зоні розташовані на одній лінії ковзання, якщо їх відносні швидкості направлені вертикально до їх з'єднувальної лінії. Ця обставина дозволяє зобразити поля лінією ковзання на основі спостережуваних картин плинину. Її можна використовувати шляхом співставлення діаграми швидкості для наступної перевірки, чи припустимо запропоноване поле ліній ковзання по відношенню до швидкості.

Зміна середньої (гідростатичної) напруги стискання вздовж ліній ковзання можна визначити на основі відомого рівняння, яке виражає рівновагу напруги по відношенню до ліній ковзання [8]:

$$\begin{aligned} p + 2k\psi &= 0 \text{ – постійна вздовж I-лінії ковзання} \\ p - k\psi &= 0 \text{ – постійна вздовж II-лінії ковзання} \end{aligned} \quad (3)$$

При цьому p – гідростатична напруга, яка діє перпендикулярно по відношенню до ліній ковзання; k – напруга передачі зусиль зсуву (при отриманні цих рівнянь взято, як постійна), яка діє паралельно лініям ковзання; ψ – напрям обертання проти годинникової стрілки по відношенню до нерухомої вісі.

Символи I та II використовують для відмінності двох родин ліній ковзання. Лінії ковзання I при цьому ті, на які напруга зсуву діє за напрямом годинникової стрілки.

З цих рівнянь видно, що зміна p напряму залежить від кута, біля якого коливається лінія ковзання. Якщо k не приймається постійною, тоді рівняння для рівноваги напруги по відношенню до ліній ковзання виглядає наступним чином:

$$\begin{aligned} \frac{\delta p}{\delta s_1} + 2k \frac{\delta \varphi}{\delta s_1} - \frac{\delta k}{\delta s_2} &= 0 \text{ – вздовж однієї I-лінії ковзання} \\ \frac{\delta p}{\delta s_2} - 2k \frac{\delta \varphi}{\delta s_2} - \frac{\delta k}{\delta s_1} &= 0 \text{ – вздовж однієї II-лінії ковзання} \end{aligned} \quad (4)$$

При цьому S_1 і S_2 означають відстані, які вимірюються вздовж ліній ковзання I або II. Рівняння (4) були описані спочатку Christopherson [6] в роботі про аналіз ортогонального способу обробки. Якщо k змінюється під час деформації, ці рівняння показують, що зміна p вздовж лінії ковзання залежить не тільки від кута, біля якого коливається лінія ковзання, але й від величини зміни k вздовж лінії ковзання. Звідси маємо, що безперервність швидкості, як площа АВ (рис. 1) тільки тоді мають місце, коли k – постійна, і що при дійсних співвідношеннях ця площа повинна бути замінена обмеженою пластичною зоною.

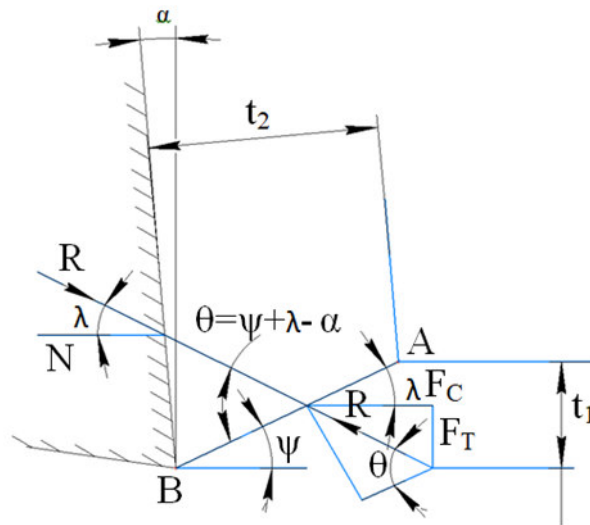


Рис. 1. Модель поверхонь зсуву

При спробі побудувати поле лінії ковзання прямо на основі експериментальної картини, Oxley і Agarіou не змогли з достатньою точністю виміряти швидкості плинну [6-7]. Для того, щоб створити поле лінії ковзання, був розроблений метод спроб та помилок. Межі пластичної зони АВ та СВ (рис. 2) були визначені там, де був встановлений плин матеріалу, який відрізняється від основного, й, відповідно, перехід в зону стружки, яка більше не змінюється (на рисунку швидкості наведені через відстані від полюсу «Pol» до точки, що спостерігається). Було також узгоджено, що ці межі АВ і СВ будуть зображувати лінії ковзання. Система ортогональних, ілюструючих ліній ковзання кривих, внесена до пластичної зони, при цьому АВ і СВ розглядаються як лінії ковзання однієї й тієї ж родини. Швидкість матеріалу, який входить у пластичну зону, використовувалася як гранична умова, щоб з безперервності визначити швидкість по всій пластичній зоні. У прийнятій системі кривих були зроблені виправлення, щоб відповідні швидкості (траєкторії) співпали з експериментально виміряними величинами.

Щоб перевірити поле відносно напружень, використовувались рівняння (4), починаючи з А, де вільна умова поверхневої напруги відповідає $p = k$ (стискання). Швидко з'ясувалося, що поле для умов напруги не може бути правильним, якщо для обчислення p використовуються рівняння (4).

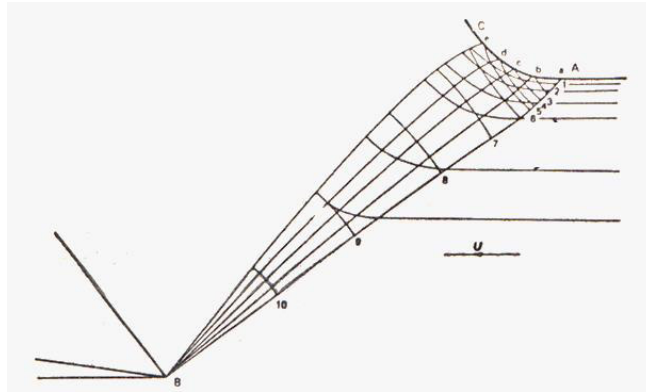


Рис. 2. Поля ліній ковзання

При точному розгляді зразу видно, що протистоящі вигини ліній ковзання АВ та СВ суперечать геометричним властивостям у відповідності з рівняннями (4). Особливо явною стає неспроможність цих рівнянь, якщо встановлений точний розподіл p вздовж АВ. При переході від А до В, зміна така, що величина p (тиск), як було показано, підвищується. При гострому інструменті результуюче зусилля різання переноситься вздовж ВА, та його напрям можна визначити з розподілу p і k вздовж АВ.

При маленькій швидкості різання припустили, що k змінюється тільки з абсолютним видовженням, причому, знехтували величиною та температурою. Для визначення k в пластичній зоні необхідно було, перш за все, обчислити розподіл видовження за допомогою кривої видовження-напруга матеріалу, яка була отримана на основі одновісного дослідження по стисканню. Щоб визначити величину видовження-напруги в комплексній системі p на основі простого дослідження по навантаженню, прийнято використовувати ефективну напругу та ефективне видовження [9]. Ефективна напруга для тривимірного напруженого стану можна виразити наступним чином:

$$\sigma_{eff} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 + \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}, \quad (5)$$

при цьому $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – головні напруги. Відповідну величину для значення видовження, яка відповідає величині ефективного видовження, можна записати як:

$$\dot{\epsilon}_{eff} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{[(\dot{\epsilon}_1 - \dot{\epsilon}_2)^2 + (\dot{\epsilon}_2 - \dot{\epsilon}_3)^2 + (\dot{\epsilon}_3 - \dot{\epsilon}_1)^2]}, \quad (6)$$

де $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – величини головного видовження.

Тепер передбачається, що для даного матеріалу ефективна напруга буде однозначною функцією ефективного видовження. При одновісному стисканні ефективна напруга стає головною напругою.

Так як видовження є рівномірно пропорційним, й головні вісі залишаються без змін, то можна інтегрувати ефективну величину видовження, та вона стає абсолютним загальним видовженням в поздовжньому напрямку. Цим можна прирівняти одновісну криву напруги-видовження до ефективної кривої – нормальна напруга-видовження.

Для ефективного абсолютного видовження дійсним буде:

$$\varepsilon_{eff} = \frac{1}{\sqrt{3}} \int \tau_{max} dt, \quad (7)$$

де τ_{max} – максимальна величина видовження.

При механічній обробці неможливо обчислити цей інтеграл та виразити в величинах нормальної напруги та напруги зсуву, тому що основні напрямки змінюються під час формозміни [8]. τ_{max} можна, тим не менш, виразити в залежності від швидкості потоку наступним чином:

$$\dot{\tau}_{max} = \sqrt{\left[\left(\frac{\delta u}{\delta v} + \frac{\delta v}{\delta x}\right)^2 + 4\left(\frac{\delta u}{\delta x}\right)^2\right]}, \quad (8)$$

при цьому u и v означають швидкості в x - и y -напрямах.

Вимірюванням цих компонентів можна визначити τ_{max} та потім інтегрувати вздовж траєкторій, для того, щоб отримати ефективне абсолютне загальне видовження в поздовжньому напрямку.

Таким чином Oxley та Розенберг [6, 9] визначили розподіл k та застосували потім рівнянні (4) у фінітній диференціальній формі, щоб визначити розподіл p по всій пластичній зоні. Це показало, що зі змінюваним k протилежні вигнуті лінії ковзання АВ та СВ тепер можливі з p в точці a , незалежно від шляху його визначення [10].

Розподіл p вздовж АВ співпадає зі змінним напрямком результуючого зусилля різання. Відмінність між величинами p вздовж АВ, коли в одному випадку припускається, що k – постійне, а в іншому – змінне, відносно велика та становить величину до $3k$ [11].

В своєму аналізі дослідниками раніше не було враховано пластичного плину в стружці вздовж передньої грані інструменту, тому поле ліній ковзання не є повним.

Висновки. Вважаємо, що погане узгодження теорії поверхневого зсуву з експериментальними результатами пов'язано, в основному, з тим, що модель поверхні зсуву потребує спрощення з урахуванням пов'язаного з цим припущенням, що матеріал деформується з постійною напругою плину. Ця умова, хоча й рідко де сформульована,



присутня в усіх аналізах, які спираються на модель поверхні зсуву. Дослідження поля ліній ковзання експериментальних даних показали, що тільки з урахуванням змінної k можна отримати узгодженість між дослідженням та практикою [11]. При малих швидкостях різання можна було встановити великий вплив змінного k , внаслідок наклепу, на розподіл гідростатичних напружень, та цим – на напрямок результуючої сили різання. Хоча вплив наклепу зменшується, вплив величин видовження та температури збільшується. У наступних наших роботах ми спробуємо показати, що ці дії повинні допомогти пояснити вплив швидкості різання на процес.

Список використаних джерел:

1. Автоматичне управління процесами обробки металів різанням / О. С. Колодій та ін. Мелітополь: ТОВ Forward press, 2020. 136 с.
2. Merchant M. E. Mechanics of Metal Cutting Process. J. Applied Physics. URL: <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.1707586>.
3. Lee E. H. The Theory of Plasticity Applied to a Problem of Machining. URL: <https://www.worldcat.org/title/theory-of-plasticity-applied-to-a-problem-of-machining/oclc/49866489> (дата звернення 05.05.2020).
4. Максаров В. В. Теория и методы моделирования и управления процессом стружкообразования при лезвийной механической обработке: автореферат. дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.01. Санкт-Петербург, 2009. 22 с.
5. Тарасенко В. В., Сушко О. В. Аналіз існуючих теорій руйнування крихких матеріалів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2016. Вип.16, т. 2. С. 132-139.
6. Oxley P. L. B. Introducing Strain-Rate Dependent Work Material Properties in the Analysis of Orthogonal Cutting. Annals of the CIRP. URL: <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/10812> (дата звернення 07.04.2020).
7. Stephenson David A., Agapiou John S. Metal Cutting Theory and Practice: CRC Press, 2018. 947 с. URL: <https://www.routledge.com/Metal-Cutting-Theory-and-Practice> (дата звернення 26.02.2020).
8. Sushko O. V., Kolodii O. S., Penyov O. V. Individual forecasting of technical condition of machines and development of method for determining the conditional function of distributing their residual resource. Machinery & Energetics. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine: Journal of Rural Production Research*. . Kyiv, 2019. Vol. 10, № 4. P. 63-69.
9. Розенберг Ю. А., Тахман С. И. Силы резания и методы их определения: в 2 ч. Курган, 2005. Ч. 1. Общие положения: учеб. пособ.



128 с.

10. Филиппов А. В., Проскоков А. В. Исследование процесса стружкообразования при резании металлов методом цифровой корреляционной спекл-интерферометрии. *Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Машиностроение*. Москва, 2014. № 2.

11. Grains Dynamic Strength Determination and the Optimal Combination of Components of a Diamondiferous Layer of Grinding Wheels. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trend and Innovations* / O. Sushko et al. Tavria State Agrotechnological University. Melitopol, 2019. P. 259-266.

АНАЛІЗ ПЛОСКОГО ПЛАСТИЧНОГО ПЛИНУ МАТЕРІАЛУ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ОБРОБЛЮВАНОСТІ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

Колодій О. С., Сушко О. В.

Анотація

У роботі зроблено спробу створення теорії машинної обробки, за допомогою якої можна визначати напруги та температури при обробці матеріалів на підставі головних властивостей матеріалу та умов різання. Така теорія дозволяє полегшити прогнозування таких факторів, як посилення різання (потужність, що витрачається), стійкість ріжучого інструменту, якість поверхні, коли відомі основні фізичні та механічні властивості деталі та інструменту, а також робочі умови (швидкість різання, подача, форма інструменту). Розглядається шлях, як можуть бути визначені важливі допоміжні величини, стійкість різального інструменту та зусилля різання у зв'язку з геометричними умовами та швидкостями процесу. Коротко розглянута теорія поверхневого зсуву. Описані експериментальні та теоретичні дослідження стружкоутворення, результати якого стали основою для цієї роботи та вказані причини відносно поганого узгодження теорії поверхні зсуву з результатами, отриманими дослідним шляхом.

Ключові слова: металорізальні верстати, оброблюваність, теорія зсуву, стружкоутворення, режими різання, лінії ковзання.

АНАЛИЗ ПЛОСКОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ МАТЕРИАЛА ПРИ ОЦЕНКЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

Колодий А. С., Сушко О. В.

Аннотация

В работе предпринята попытка создания теории машинной обработки, с помощью которой можно определять напряжения и температуры при обработке материалов на основании главных свойств материала и условий резания. Такая теория позволяет облегчить прогнозирование таких факторов, как усилия резания (затрачиваемая мощность), стойкость режущего инструмента, качество поверхности, когда известны основные физические и механические свойства



детали и инструмента, а также рабочие условия (скорость резания, подача, форма инструмента).

В статье рассматривается путь, как могут быть определены важные вспомогательные величины, стойкость режущего инструмента и усилия резания в связи с геометрическими условиями и скоростями процесса. Коротко рассмотрена теория поверхности сдвига. Описаны экспериментальные и теоретические исследования стружкообразования, результаты которого стали основой для этой работы, а также указаны причины относительно плохого согласования теории поверхности сдвига с результатами, полученными опытным путем.

Ключевые слова: металлорежущие станки, обрабатываемость, теория сдвига, режимы резания, линии скольжения.

ANALYSIS OF FLAT PLASTIC FLOW OF A MATERIAL WHEN EVALUATING MACHINABILITY ON METAL CUTTING MACHINES

O. Kolodii, O. Sushko

Summary

In the work an attempt was made to create a theory of machinability, with which it is possible to determine stresses and temperatures during processing of materials, based on the basic properties of the material and cutting conditions. Such a theory makes it easier to predict factors such as cutting forces (power consumption), resistance of the cutting tool, surface quality when the basic physical and mechanical properties of the part and tool are known, as well as operating conditions (cutting speed, feed, tool shape). This would be extremely necessary when evaluating the workability of materials, as well as the choice of optimal cutting conditions, and in particular when programming machines with digital controls.

The article discusses the way how important auxiliary values of the cutting process, the resistance of the cutting tool, cutting forces in connection with the geometric conditions and process speeds can be determined. The theory of shear surfaces is briefly considered. Experimental and theoretical studies of the formation of a shavings are described, the results of which have become the basis of this work. The reasons for the relatively poor agreement of the theory of surface displacement with the experimental results are indicated. It is shown that the surface displacement model needs to be simplified since the material deforms at constant flow stress.

This condition is present in all previous analyzes made by researchers based on the surface displacement model. The effect of the transmission of stress of the forces of material displacement from search on the distribution of hydrostatic stresses and the direction of the resulting cutting force is established. It has been established that the effect of hardening decreases during metal cutting, while the effect of elongation and temperature increases. Studies in the field of slip lines have shown, what only having regard to changeable tension of transmission of efforts of change it maybe to get accordance between a theory and practice for explanation of influence of speed of cutting of material on a process.

Key words: metal-cutting machine tool, workability, theory of moving of superficial layers of material, process of formation of shaving, cutting parameters, modes of treatment, slip line.



УДК 621.822.004.15

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-18

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ ВІБРОНАКАТУВАННЯМ

Паніна В. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-9623-516X

e-mail: valeriia.panina@tsatu.edu.ua

Дашивець Г. І., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-2612-6077

e-mail: galyna.dashyvets@tsatu.edu.ua

Бондар А. М., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-4761-9084

e-mail: andriy.bondar@tsatu.edu.ua

Новик О. Ю.

ORCID: 0000-0003-0184-9172

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

Постановка проблеми. Надійність роботи техніки безпосередньо пов'язана зі станом поверхневого шару деталей, який характеризується фізико-механічними та геометричними параметрами. При експлуатації машин поверхневий шар їх деталей контактує один з одним або з навколишнім середовищем. Від його якості залежать експлуатаційні властивості деталі, такі як опір втомі, опір контактній утомі, корозійна стійкість, зносостійкість та інші. У зв'язку з інтенсифікацією експлуатаційних процесів, підвищенням температур і тисків, збільшенням швидкостей переміщення робочих органів, роль властивостей поверхневого шару значно зростає [1-4]. Вплив характеристик якості поверхневого шару деталей на їх експлуатаційні властивості свідчить, що оптимальна поверхня повинна бути досить твердою, мати стискаючі залишкові напруги, дрібнодисперсну структуру, згладжену форму мікронерівностей з великою кількістю опорних поверхонь.

За допомогою методів остаточної обробки (шліфування, хонінгування, доведення) створюється необхідна форма деталей із заданою точністю, але не забезпечується оптимальна якість поверхні деталі, яку можна досягнути поверхневим пластичним деформуванням (ППД). У результаті чого зміцнюється поверхня деталі, підвищується зносостійкість, стійкість до корозійних впливів і т.і. У багатьох випадках застосуванням поверхневої пластичної обробки вдається підвищити міцність деталей, що працюють при змінних навантаженнях, в 1,5-3 рази, й збільшити термін служби деталей у десятки раз.



Аналіз останніх досліджень. Аналіз науково-технічної літератури, пов'язаної з поверхнево-пластичною обробкою пар тертя, доводить, що обробка, заснована на пластичнім деформуванні поверхневого шару, має в порівнянні з обробкою металорізальним інструментом ряд переваг, у тому числі:

- зберігається цілість волокон й утворюється дрібнозерниста структура металу в поверхневому шарі;
- відсутнє шаржування при обробці поверхні часточками шліфувальних кіл, полірувальних паст;
- відсутні термічні дефекти шару металу;
- стабільні процеси обробки;
- можна досягати мінімальної шорсткості поверхні ($R_a = 0,1-0,05$ мкм і менш) як для сталі, кольорових сплавів, так і для високоміцних матеріалів, зберігаючи вихідну форму заготовок;
- можна зменшити первічну шорсткість поверхні в кілька разів за один прохід;
- створюється доцільна форма мікронерівностей з великою кількістю опорних поверхонь;
- можна створити регулярні мікрорельєфи з заданною кількістю поглиблень для затримки мащення;
- створюються сприятливі залишкові напруги в поверхневому шарі;
- підвищується мікротвердість поверхні.

Вібронакатані поверхні відрізняються від обточених і шліфованих радіусом закруглень виступів, западин та більшим кроком. Зі збільшенням радіусів вершин виступів нерівностей поверхні і однорідності їх за формою і висотою підвищується опірність поверхні, швидкість її прироблення, зносостійкість, товщина масляної плівки, контактна жорсткість, гідроцильність [5-7].

Зі збільшенням радіуса закруглення западини поверхні, що накатуються, підвищується втомлена міцність та опір корозії.

Крок мікронерівностей, їх кількість на одиницю довжини або площі, кут нахилу їх утворюючих, визначають обсяг змащення в зоні тертя, міцність, однорідність по товщині покриттів і тонких плівок, що наносяться на поверхню, посадку і т.і. Цим вимогам задовольняє спосіб вібраційного накатування поверхонь деталей [5, 6].

Формулювання цілей статті.

Метою роботи є рекомендації по застосуванню такого виду фінішної обробки втулок підшипників ковзання, що задовольняла б вимогам підвищенню надійності пар тертя. Обробка, заснована на пластичному деформуванні тонкого поверхневого шару, має в порівнянні з обробкою точінням, шліфуванням, поліруванням ряд вищеперелічених переваг. У роботі слід також обґрунтувати: систему

мікронерівностей, що покращить умови роботи пар тертя підшипників ковзання; розробити конструкцію приладу для вібронакатування втулок; запропонувати режими обробки, що дозволять отримати необхідний мікрорельєф поверхні, та побудувати номограму для визначення режимів вібронакатування [8-9].

Основна частина. У процесі вібронакатування поверхневий шар деталі обробляється по гвинтовій лінії кулькою, що рухається зворотно-поступально і утворює синусоїду. У результаті на поверхні видавлюються канавки певної форми і мікрорельєфу, глибиною в декілька мкм.

До параметрів, що визначають режим вібронакатування відносяться:

- n_B – частота обертання втулки, $хв^{-1}$;
- S – подача кулькової голівки за один оберт втулки, мм;
- $n_{\text{ПОДВ.ХОД}}$ – частота подвійних ходів кулькової голівки;
- $2l$ – амплітуда осциляції кулькової голівки, мм;
- d_3 – діаметр втулки, мм;
- $d_{\text{Ш}}$ – діаметр кульки мм;
- P – зусилля вдавнення кульки, Н.

Устаткування для вібронакатування представляє собою прилад, який встановлюється на супорт токарно-гвинторізного верстата.

Прилад складається зі зварної плити, на яку встановлено електродвигун, кронштейн з ексцентриком та штангою.

Обертання валу електродвигуна за допомогою ексцентрика перетворюється у зворотно-поступальний рух штанги з кульковою голівкою (Рис. 1). На кульковій голівці вскановлені кульки в оправках, що опираються на конус, за допомогою якого відбувається розведення та зведення кульок.

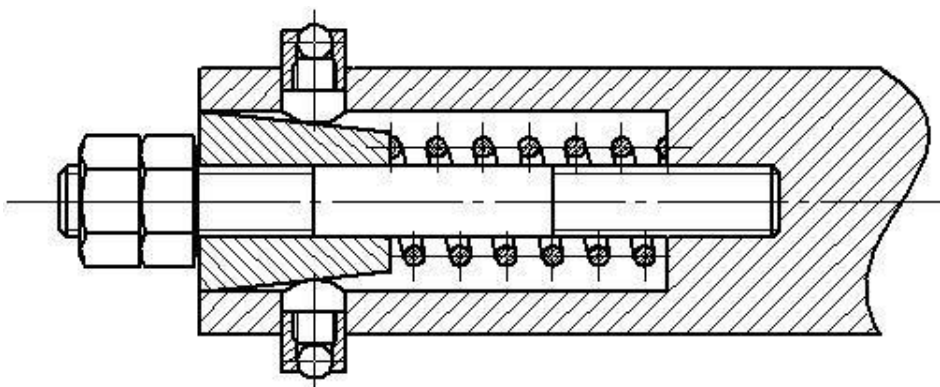


Рис. 1. Кулькова голівка

При обертанні валу електродвигуна штанга з голівкою виконують зворотно-поступальний рух паралельно осі обертання деталі, що обробляється, з кількістю подвійних ходів, рівним частоті

обертання електродвигуна і довжиною ходу кулькової голівки, рівної подвійному ексцентриситету.

Залежно від встановленого режиму вібронакаткування можна створити поверхні з різною системою канавок, що надають поверхні різні фізико-механічні властивості.

Вибір потрібного виду мікрорельєфу поверхні здійснюється залежно від матеріалу деталі та її умов роботи.

Втулки підшипників ковзання в найбільшій мірі виготовляються з кольорових металів та сплавів [10, 11]. Втулки виступають в якості опорних поверхонь, тому несуть значні навантаження, та працюють в умовах тертя. За для підвищення надійності поверхонь таких деталей найбільш доцільним буде система мікрорельєфу поверхні, яка зображена на рис. 2. Такий мікрорельєф поверхні має підвищену маслоутримуючу здатність завдяки значній кількості карманів та більшу зносостійкість через значну кількість перетинів доріжок.

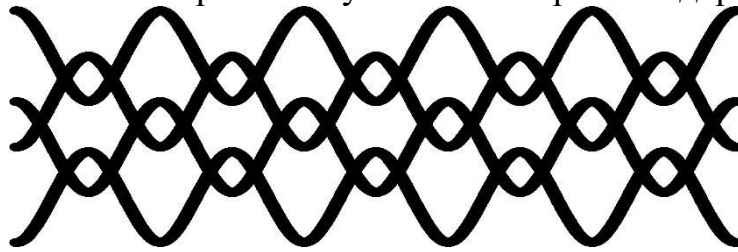


Рис. 2. Мікрорельєф поверхні з подвійним перетинанням канавок

Для отримання такої поверхні вібронакаткуванням необхідно, щоб частота обертання втулки (n_B) була кратною частоті подвійних ходів кулькової голівки ($n_{\text{подв.ход}}$), яка дорівнює частоті обертання вала електродвигуна, тобто [5]:

$$N_B = i \cdot n_{\text{подв.ход}}, \quad (1)$$

де i – коефіцієнт кратності, повинен бути цілим числом.

Величина коефіцієнту кратності (i_1) буде дорівнюватись подвійної кількості хвиль, які створилися при одному оберті деталі, яку обробляють.

Для вібронакаткування використовується токарно-гвинторізний верстат 1К62. Частота обертання шпинделя цього станка: 12,5; 16; 20; 25; 31; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200 хв^{-1} .

Виходячи з умови (1) та частоті подвійних ходів кульки $n_{\text{подв.ход}} = 1400 \text{ хв}^{-1}$ для отримання необхідного мікрорельєфу підходять частоти обертання деталі: 12,5; 20; 25; 40; 50; 100, 200 хв^{-1} .

Повздовжня подача верстата повинна дорівнюватись амплітуді коливань кульки.

Для підвищення зносостійкості втулок (підшипників ковзання) необхідно, щоб поверхня, яка оброблена вібронакаткою складала 60%

загальної робочої поверхні. Ця умова буде виконуватись при належній комбінації режимів, які можна отримати за допомогою номограми [12-15].

Номограма – це графічне зображення розрахунку, який дозволяє визначити результат обчислень графічним шляхом зразу, без додаткових розрахунків, спеціальних таблиць, що представляють собою значення змінних і результуючої величини.

Номограма складається з чотирьох квадрантів.

1. У першому квадранті будується залежність ширини накатаної стрічки від шорсткості поверхні, яку обробляють, та діаметра кульки.

Ширина стрічки h , мм, буде дорівнювати довжині хорди дуги поверхні, що накатується кулею, та визначається за формулою

$$h = D \cdot \sin \alpha , \quad (2)$$

де D – діаметр кульки, мм;

α – центральний кут, град.

$$\alpha = \arccos \left(1 - \frac{2H}{D} \right) , \quad (3)$$

де H – глибина обробки при накатуванні, яка складається з висоти нерівностей, мм.

За результатами розрахунків будуються графіки (рис. 3).

2. У другому квадранті будується залежність площі стрічки за один оберт деталі від ширини стрічки. Ця площа буде дорівнювати подвійній довжині однієї хвилі, помноженої на кількість хвиль та на ширину стрічки.

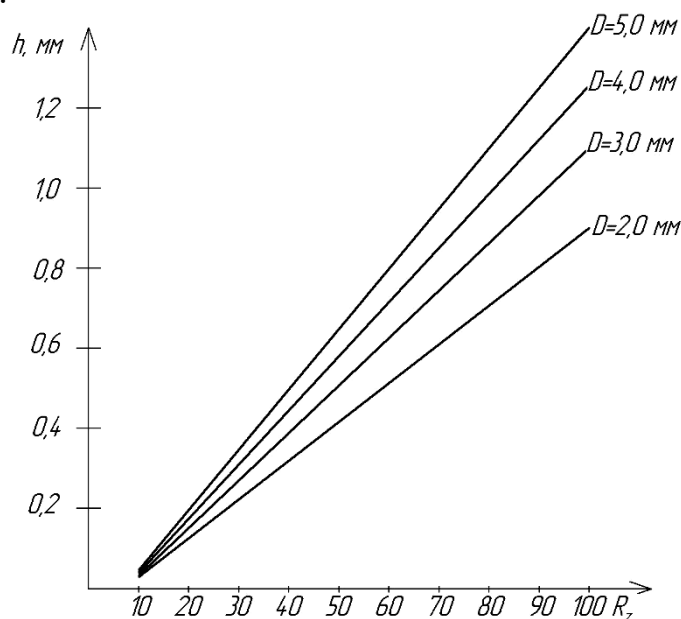


Рис. 3. Залежність ширини канавки від шорсткості робочої поверхні втулки



Довжина хвилі визначається як довжина окружності еліпсу за формулою

$$L = \pi \cdot (a + b), \quad (4)$$

де a, b – довжина півосей еліпсу, мм.

Довжина поперечної піввісі складе половину амплітуди коливань вібратора, тобто:

$$a = \frac{A}{2}, \quad (5)$$

де A – амплітуда коливань вібратора, мм. $A = 2 = \text{const}$.

Для отримання довжини поздовжньої піввісі еліпсу необхідно довжину окружності поверхні деталі поділити на кількість хвиль, яка дорівнює чверті співвідношення частоти вібрації інструменту до частоти обертання деталі, тобто

$$b = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{4N}, \quad (6)$$

де d – діаметр поверхні деталі, яку обробляють, мм;

n – частота обертання деталі, хв^{-1} . Для розрахунків $n = 100 \text{ хв}^{-1}$;

N – частота вібратора, хв^{-1} . $N = 1400 \text{ хв}^{-1} = \text{const}$.

В результаті площа стрічки

$$S_1 = 2\pi \cdot \left(\frac{A}{2} + \frac{\pi \cdot d \cdot n}{4N} \right) \cdot \frac{N}{n} \cdot h. \quad (7)$$

Щоб врахувати площу, яку займають ділянки перетинання двох канавок, приймається площа ділянки як паралелограм з висотою h та довжиною сторони h . Тоді отриману площу стрічки за один оберт необхідно зменшити на площу ділянок перетинання. На кожній хвилі кількість таких перетинань дорівнює 4.

$$S_1 = 2\pi \cdot \left(\frac{A}{2} + \frac{\pi \cdot d \cdot n}{4N} \right) \cdot \frac{N}{n} \cdot h - \frac{N}{n} 2h^2. \quad (8)$$

За результатами розрахунків побудується графік (рис. 4).

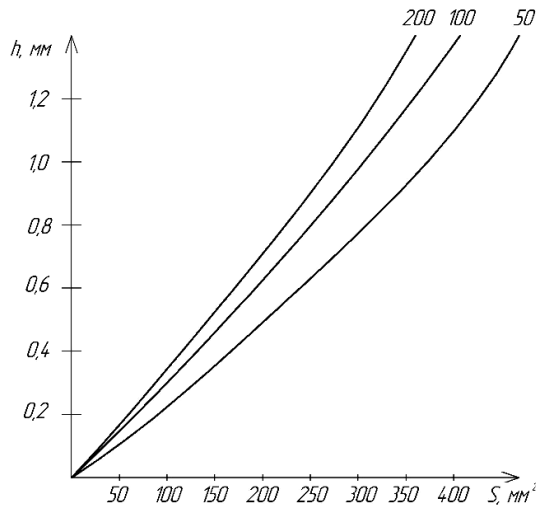


Рис. 4. Залежність площі стрічки за один оберт деталі при обробці від ширини стрічки, при різних частотах обертання деталі.

3. У третьому квадранті будується залежність площі, що обробляється, від площі стрічки за один оберт деталі. Для цього необхідно розрахувати кількість стрічок на 100 погонних міліметрах поверхні, яка обробляється, і буде залежати від кроку поздовжньої подачі верстата.

Площа обробленої поверхні становить

$$S = S_1 \cdot \frac{100}{P}, \quad (10)$$

де P – поздовжня подача верстата, мм/об.

За результатами розрахунків побудується графік (рис. 5).

4. У четвертому квадранті будується графік співвідношення площі, обробленої інструментом, до загальної площі поверхні деталі, тобто (рис. 6).

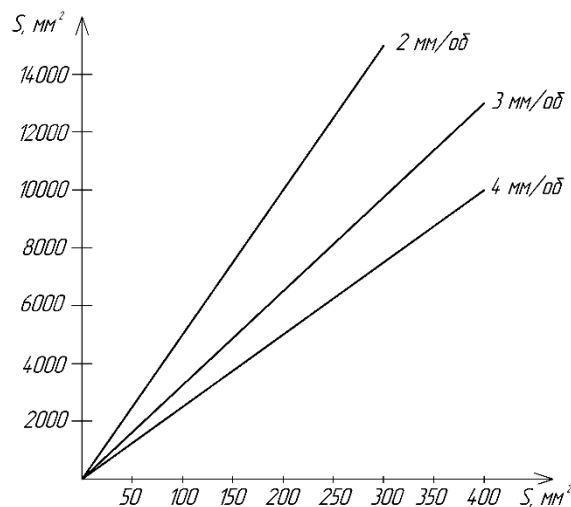


Рис. 5. Залежність площі, що обробляється, від площі стрічки за один оберт деталі з урахуванням подачі верстата.

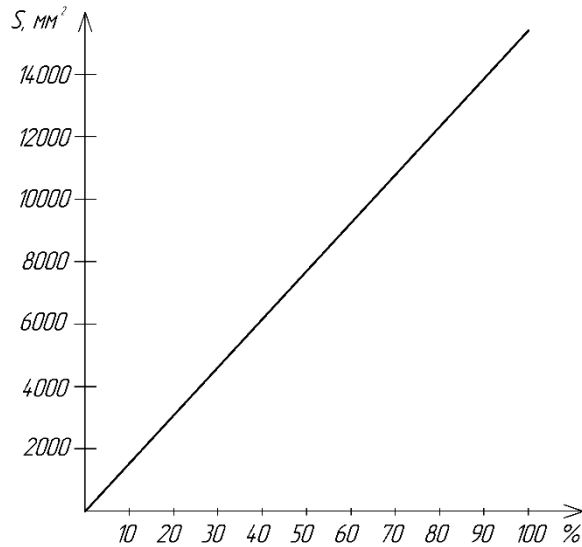


Рис. 6. Співвідношення площі обробленої інструментом до загальної площі поверхні деталі.

Таким чином отримується номограма (рис.7).

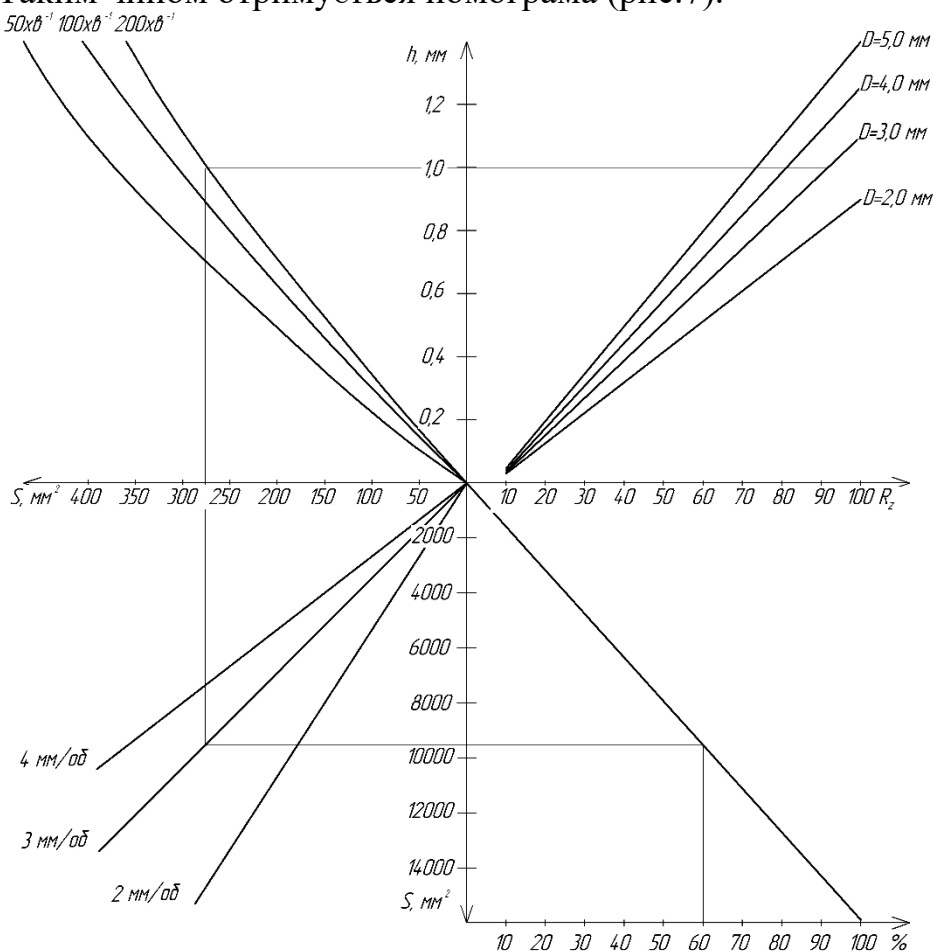


Рис. 7. Номограма для визначення режимів вібронакатування втулки циліндрів.

Висновки. Так, якщо потрібно 60% внутрішньої поверхні втулки підшипника ковзання обробити поверхнево-пластичною деформацією, то режими обробки повинні бути такими:



- діаметр кулі вібронакатки – 3 мм;
- частота обертання деталі – 200 хв⁻¹;
- повздовжня подача верстата – 3 мм/об;
- ширина накатаної стрічки – 1 мм.

Список використаних джерел:

1. Constitutive modeling and microstructure change of Ti–6Al–4V during the hot tensile deformation / J. Xiao et al. *Journal of Alloys and Compounds*. Vol. 541, 15 November. 2012. P. 346-352.

2. Zhou M., Clode M. P. Constitutive equations for modelling flow softening due to dynamic recovery and heat generation during plastic deformation. *Mechanics of Materials*. 1998. Vol. 27, Is. 2. February. P. 63-76.

3. Superplastic behavior and deformation mechanism of Ti600 alloy / Zhang X. et al. *Materials Science and Engineering*. 2013. Vol. 560, 10 January. P. 700-704.

4. Shestakov V. V., Kryuchkov L. P., Kuzmichev B. P. Factors affecting the degree of surface plastic hardening when treated with steel balls. *Herald of Machine Building*. 1984. № 5. P. 67-68.

5. Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни «Триботехніка» для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / Д. П. Журавель та ін. Мелітополь: ТОВ Колор Принт, 2019. 112 с.

6. Increase in Durability of Motor Crankshaft Pin Surface by Vibrorolling / O. Novyk et al. *Modern Development Paths of Agricultural Production*, 2019. P. 177-182.

7. Новік О. Ю., Паніна В. В., Дашивець Г. І. Обґрунтування режимів вібронакатування поверхонь деталей циліндро-поршнєвої групи двигуна. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Херсон, 2017. Вип. 5. С. 50-56.

8. Одинцов Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным деформированием: справочник. Москва: Машиностроение, 1987. 328 с.

9. Ежелев А. В., Бобровский И. Н., Лукьянов А. А. Анализ способов обработки поверхностно-пластическим деформированием. *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 642-646.

10. B22 - Repair of plain bearings. *Lubrication and Reliability Handbook*. 2001. P. 1-5. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750651547501169> (дата звернення 14.04.2020).



11. Simulation of abrasion to WC/Co hardmetals using a micro-tribology test system / C. Pignie et al. *Wear*. 2013. Vol. 302, Is. 1–2. April–May. P. 1050-1057.

12. Борисов С. Н. Алгоритмы конструирования номограмм. Москва: ВЦ РАН, 1999. 164 с.

13. Левкин Ю. С. Получение четырехмерных номограмм на базе теоремы подобия. *Геометрия и графика*. 2017. С. 69-74. DOI: 10.12737/article_5953f33427942.789301109/.

14. Лысенко А. В. Построение номограмм по фундаментальной и прикладной химии. Курск: Изд-во Юго-Западного гос. ун-та, 2016. 18 с.

15. Зуева Н. М. Номограммы. МБОУ. 2013. 15 с.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ ВІБРОНАКАТУВАННЯМ

Паніна В. В., Дашивець Г. І., Бондар А. М., Новик О. Ю.

Анотація

Поверхневий шар матеріалу деталей спряжень надає безпосередній вплив на надійність та довговічність підшипників ковзання. При ремонті або виготовленні деталей підшипників ковзання, зокрема втулок, пропонується використовувати один з видів поверхнево-пластичної обробки – вібронакаткування. В роботі:

- надані відомості про мікрорельєф поверхонь, утворених при різних способах кінцевої обробки та переваги поверхнево-пластичної обробки;
- проведено аналіз наукової літератури та надані переваги вібронакаткування над іншими способами обробки поверхні;
- надані відомості про сутність процесу вібронакаткування, обладнання, що використовується, вплив режимів вібронакаткування на характер отриманого мікрорельєфу;
- запропоновано систему мікронерівностей, що дозволить збільшити зносостійкість робочої поверхні втулки, та маслоутримуючу здатність;
- пропонується конструкція приладу для вібронакаткування внутрішньої поверхні втулки;
- надані рекомендації з вібронакаткування втулок;
- розроблена номограма для визначення режимів вібронакаткування робочих поверхонь втулок підшипників ковзання.

Ключові слова: поверхневий шар, мікрорельєф, вібронакаткування, зміцнення, втулка, установка, режими, номограма.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ВИБРОНАКАТЫВАНИЕМ

Панина В. В., Дашивец Г. И., Бондар А. Н., Новик А. Ю.

Аннотация

Поверхностный слой материала деталей сопряжений оказывает непосредственное влияние на надежность и долговечность подшипников скольжения. Предлагается использовать при ремонте или изготовлении деталей подшипников скольжения, в частности втулок, один из видов поверхностно-пластической обработки – вибронакатывание. В работе:



- представлены сведения о микрорельефе поверхностей, образованном при разных способах конечной обработки и преимущества поверхностно-пластичной обработки и проведен анализ научной литературы и оказано предпочтение вибронакатыванию по сравнению с другими способами обработки поверхности и

- представлены сведения о сущности процесса вибронакатывания, используемого оборудования, влиянии режимов вибронакатывания на характер полученного микрорельефа;

- предложена система микронеровностей, которая позволит увеличить износостойкость рабочей поверхности втулки и маслоудерживающую способность;

- предлагается конструкция прибора для вибронакатывания внутренней поверхности втулки и предоставлены рекомендации по вибронакатыванию втулок;

- разработана номограмма для определения режимов вибронакатывания рабочих поверхностей втулок подшипников скольжения.

Ключевые слова: поверхностный слой, микрорельеф, вибронакатывание, упрочнение, втулка, установка, режимы, номограмма.

IMPROVING THE RELIABILITY OF BEARINGS OF SLIDING VIBRATION PUMPS

V. Panina, G. Dashivets, A. Bondar, A. Novik

Summary

The surface layer of the material of the mating parts has a direct impact on the reliability and durability of the plain bearings. In the work, it is proposed to use one of the types of surface-plastic processing – vibron rolling – in the repair or manufacture of parts of sliding bearings, in particular bushings. In the process of vibrating, the surface layer of the workpiece is machined along a helical line by a ball moving reciprocally and forming a sine wave. As a result, grooves of a certain shape and micro-relief, several microns deep, are extruded on the surface.

The following has been done in the work:

- provided information about the surface microrelief formed by different methods of final processing and the advantages of surface-plastic processing;

- an analysis of the scientific literature on this topic was carried out, and preferences were given over the other methods of surface treatment;

- provides information about the essence of the process of rolling, the equipment that is used, the effect of the rolling modes on the nature of the obtained microrelief;

- a micro-irregular system is proposed, which will increase the wear resistance of the working surface of the sleeve, and oil-holding ability;

- a device design for vibro-rolling the inner surface of the sleeve is proposed;

- recommendations on vibro-rolling of bushings are provided;

- A nomogram has been developed for determining the modes of vibration rolling of the working surfaces of sleeve bearings.

For processing 60% of the inner surface of the sleeve bearing sliding surface plastic deformation, the treatment modes should be as follows: diameter of a ball of a vibrating roller - 3 mm; speed of the workpiece - 200 min⁻¹; longitudinal feed of the machine - 3 mm / turn; the width of the rolled tape - 1 mm.

Keywords: surface layer, micro-relief, vibrating, strengthening, bushing, installation, modes, nomogram.



УДК 574.58

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-19

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИРОБНИЦТВА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Троїцька О.О.¹, к.б.н.

ORCID: 0000-0003-0214-5476

Ткаліч І.О.¹

ORCID: 0000-0002-6371-1788

Бакарджієв Р.О.², к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-0519-6383

Болтянська Н.І.², к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-7887-4715

¹ Запорізький національний університет² Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного

e-mail: troitskaya2012@gmail.com

Постановка проблеми. За даними Глобального огляду забруднення води сільським господарством ФАО і Міжнародним інститутом управління водними ресурсами, в даний час основними джерелами забруднення води в багатьох країнах є не міста або промисловість, а сільське господарство, оскільки найпоширенішими хімічними забруднювачами по всьому світу, є сільськогосподарські нітрати. «Сільське господарство є найбільшим за обсягами виробником стічних вод, а худоба виробляє набагато більше відходів, ніж люди. По мірі інтенсифікації землеробства в країнах значно збільшилося використання синтетичних пестицидів, добрив та інших речовин», - наголошують директор департаменту ФАО по земельним та водним ресурсам Едуардо Мансур та генеральний директор ІВМІ Клаудія Садофф. Більше 70% території України - це сільськогосподарські угіддя, що регулярно обробляються та зазнають негативного впливу самі, та слугують посередником розповсюдження забруднення далі до водних об'єктів. Сільськогосподарські підприємства, як рослинницького спрямування, так і тваринницькі комплекси, мають суттєвий вплив на формування складу поверхневого стоку і, відповідно, якості води у річках. Звичайні очисні споруди, що існують на агропромислових підприємствах (це споруди для видалення переважно механічних забруднень – відстійники, пісковловлювачі тощо) не в змозі забезпечити необхідну якість очищення стічних вод сільськогосподарських підприємств [1].

Забруднення води від сільського господарства важко виміряти, адже воно надходить переважно не з однієї точки (труби), а у результаті внесення хімічних речовин на площину, що призводить до так званого



дифузного забруднення. Так, з одного гектара зрошуваних земель виноситься у водні системи 8-10 кілограмів азоту. В Україні дифузне забруднення досі не вимірюється системно. Водночас за експертними оцінками частка нітратів з сільськогосподарських джерел складає від 30 до 90% всього біогенного забруднення вод. Наслідком цього можна вважати евтрофування («цвітіння») води, що спостерігається все частіше не тільки на малих водних об'єктах, а і на Дніпрі. Евтрофування та забруднення води – це основні процеси, що викликають деградацію річок, водосховищ, озерних систем і погіршення якості води. Зростання вмісту біогенних елементів спричинює інтенсивний розвиток синьозелених та деяких інших водоростей. Це супроводжується різким зниженням вмісту у воді кисню. Вода стає непридатною для життя, гине риба та інші водяні тварини. У водоймах починають переважати анаеробні процеси. Як наслідок вода набуває неприємного запаху і присмаку, її прозорість знижується, збільшується кольоровість, підвищується вміст розчинених і завислих органічних речовин. Перенасичення води органічними сполуками стимулює розвиток сапрофітних бактерій (у тому числі особливо небезпечних хвороботворних), водних грибів, різко загострюючи епідеміологічну обстановку на водних об'єктах [2].

Таким чином, вода, забруднена нітратами внаслідок інтенсивного сільськогосподарського виробництва, несе серйозні ризики здоров'ю людини і екосистемам планети.

Тому екологічний контроль якості поверхневих вод р. Дніпро на основі аналізу і оцінки показників вмісту нітратів є актуальним.

Аналіз останніх досліджень. В проаналізованих наукових роботах відзначено, що основними природними речовинами і одночасно забруднювачами води є азотні сполуки, які є необхідними компонентами водних систем і водночас при перевищенні їх природних концентрацій стають токсикантами. При впливі на людину розрізняють первинну токсичність власне нітрат-іона; вторинну, пов'язану з утворенням нітрит-іона, і третинну, зумовлену утворенням з нітритів і амінів нітрозамінів. Смертельна доза нітратів для людини становить 8-15 г; допустиме добове споживання за рекомендаціями ФАО / ВООЗ - 5 мг / кг маси тіла. Отже, воду з підвищеним вмістом нітратів небезпечно використовувати для питних потреб. Тривале споживання такої води приводить до патологічних змін в організмі людини, особливо небезпечна вона для дітей [3].

Підвищений вміст сполук азоту свідчить про погіршення екологічного стану водних об'єктів. Величини вмісту нітратів можуть використовуватися в якості індикаторного показника, що відображає процес забруднення та погіршення якості поверхневих вод, у тому числі, й сільськогосподарськими стоками [3]. Таким чином, аналіз

численних досліджень, які виконані вітчизняними та закордонними вченими, свідчить про те, що екологічний контроль якості водного компонента докільля сприятиме попередженню погіршення екологічної обстановки та виникненню небезпеки для здоров'я людей.

Формулювання мети статті. Екологічний контроль якості поверхневих вод р. Дніпро в межах м. Запоріжжя на основі аналізу і оцінки забрудненості за показниками вмісту нітратів на протязі 2015-2019 рр.

Основна частина. Враховуючи те, що практично 100% питного водопостачання м. Запоріжжя, забезпечується водами р. Дніпро, на перший план виходить проблема контролю екологічно безпечних якісних показників води головної водної артерії. Сьогодні Запорізьке комунальне підприємство «Водоканал» готує воду питної якості на Дніпровських водопровідних станціях № 1 та № 2 (ДВС-1, ДВС-2) і транспортує її споживачам міста Запоріжжя, смт. Вільнянськ, смт. Н. Миколаївка і для частини Запорізького району (с. Богатирьова, Лежено, Балабине, Кушугум). Джерелом водопостачання служить р. Дніпро вище греблі. Водозабірні і очисні споруди ДВС-1 розташовуються на лівому березі, ДВС-2 - на правому. Також для питного водопостачання готують воду на очисній водопровідній станції (ОВС) ПАТ «Запоріжсталь». Проведений аналіз фондових даних лабораторних досліджень, які були проведені у Державній установі «Запорізький обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України» (ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України») дозволив визначити значення середньорічних та максимальних (найгірших) показників вмісту азоту нітратного у воді I підйому з ДВС-1, ДВС-2 та ОВС ПАТ «Запоріжсталь» за період 2015-2019 рр. (табл. 1).

Таблиця 1

Значення середньорічних та максимальних (найгірших) показників вмісту азоту нітратного у воді I підйому з ДВС-1, ДВС-2 та ОВС ПАТ «Запоріжсталь» за 2015-2019 рр.

Об'єкти відбору проб води	Значення вмісту азоту нітратного по роках (мгN/дм ³)									
	2015		2016		2017		2018		2019	
	Середньо річні	Максимальні (найгірші)	Середньо річні	Максимальні (найгірші)	Середньо річні	Максимальні (найгірші)	Середньо річні	Максимальні (найгірші)	Середньо річні	Максимальні (найгірші)
ДВС-1	0,865	1,34	1,368	1,82	1,863	2,14	2,02	2,51	2,08	2,55
ДВС-2	1,26	2,77	1,61	3,54	1,408	2,79	1,55	2,35	1,83	2,51
ОВС ПАТ «Запоріжсталь»	1,211	1,90	1,508	1,82	2,26	2,48	2,13	2,51	2,17	2,63

На рис. 1 проілюстрована динаміка зміни вмісту азоту нітратного у воді I підйому з ДВС-1, ДВС-2 та ОВС ПАТ «Запоріжсталь» за середньорічними і за максимальними (найгіршими) величинами за п'ятирічний період (2015-2019 р.р.).

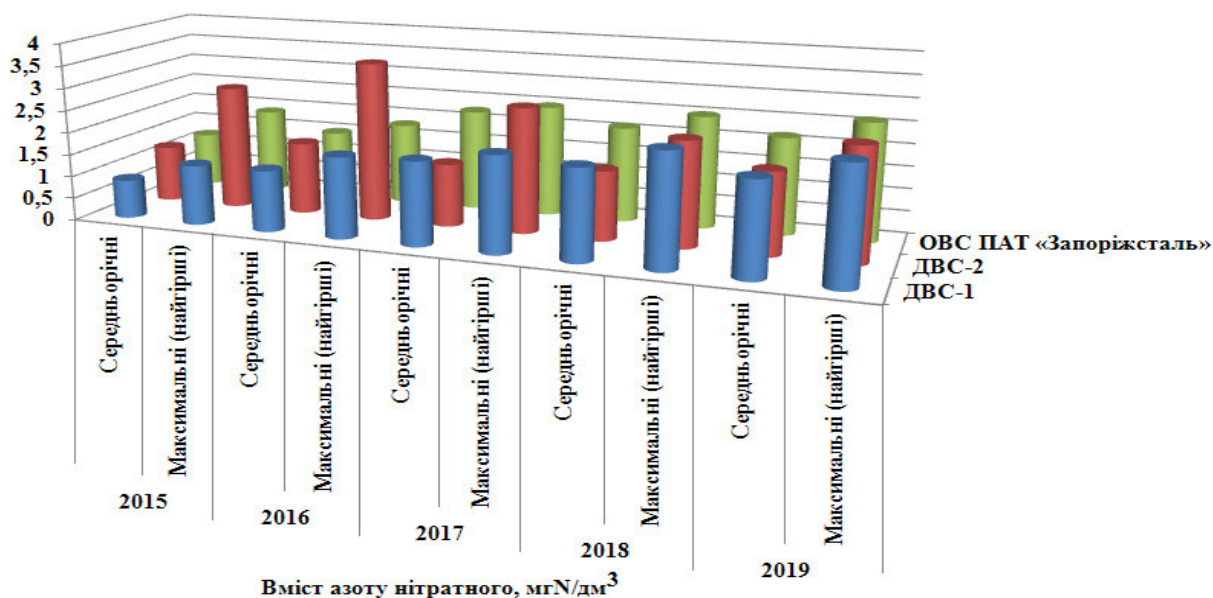


Рис. 1. Динаміка зміни вмісту азоту нітратного у воді I підйому з ДВС-1, ДВС-2 та ОВС ПАТ «Запоріжсталь» за середньорічними і за максимальними (найгіршими) величинами (2015-2019 р.р.)

На основі проведеного зіставлення середньорічних та максимальних (найгірших) значень для досліджуваного показника трофо - сапробіологічного блоку - вмісту азоту нітратного, визначили клас та категорію якості води I підйому з ДВС-1, ДВС-2 та ОВС ПАТ «Запоріжсталь», як за середньорічними, так і за максимальними (найгіршими) величинами (табл. 2 та 3).

Вміст азоту нітратного у дослідних пробах води I підйому з ДВС-1 за п'ятирічний період досліджень, змінювався за середньорічними величинами від 0,865 до 2,08 мгN/дм³. У 2015 р. цей показник відповідав III класу та 5-тій категорії якості води (за станом «посередня»; за ступенем чистоти – «помірно забруднена»). У 2016-2019 рр. показники вмісту азоту нітратного відповідали IV класу якості та 6-тій категорії якості води (за станом «погана»; за ступенем чистоти – «брудна»). На рис. 2а проілюстровані клас та категорії якості води I підйому з ДВС-1 за середньорічними величинами по роках (2015-2019 рр.).



Таблиця 2

Оцінка якості води I підйому з ДВС-1, ДВС-2 та ОВС ПАТ «Запоріжсталь» за середньорічними показниками вмісту азоту нітратного за 2015-2019 рр.

Об'єкти відбору проб води	Значення вмісту азоту нітратного по роках (мгN/дм ³)									
	2015		2016		2017		2018		2019	
	Середньорічна конц.	Клас і категорія якості	Середньорічна конц.	Клас і категорія якості	Середньорічна конц.	Клас і категорія якості	Середньорічна конц.	Клас і категорія якості	Середньорічна конц.	Клас і категорія якості
ДВС-1	0,865	III (5)	1,368	IV (6)	1,863	IV (6)	2,02	IV (6)	2,08	IV (6)
ДВС-2	1,26	IV (6)	1,61	IV (6)	1,41	IV (6)	1,55	IV (6)	1,83	IV (6)
ОВС ПАТ «Запоріжсталь»	1,211	IV (6)	1,508	IV (6)	2,26	IV (6)	2,13	IV (6)	2,17	IV (6)

Таблиця 3

Оцінка якості води I підйому з ДВС-1, ДВС-2 та ОВС ПАТ «Запоріжсталь» за максимальними (найгіршими) показниками вмісту азоту нітратного за 2015-2019 рр.

Об'єкти відбору проб води	Значення вмісту азоту нітратного по роках (мгN/дм ³)									
	2015		2016		2017		2018		2019	
	Максимальна (найгірша) конц.	Клас і категорія якості	Максимальна (найгірша) конц.	Клас і категорія якості	Максимальна (найгірша) конц.	Клас і категорія якості	Максимальна (найгірша) конц.	Клас і категорія якості	Максимальна (найгірша) конц.	Клас і категорія якості
ДВС-1	1,34	IV (6)	1,82	IV (6)	2,14	IV (6)	2,51	V (7)	2,55	V (7)
ДВС-2	2,77	V (7)	3,54	V (7)	2,79	V (7)	2,35	IV (6)	2,51	V (7)
ОВС ПАТ «Запоріжсталь»	1,9	IV (6)	1,82	IV (6)	2,48	IV (6)	2,51	IV (6)	2,63	V (7)

За максимальними (найгіршими) величинами вмісту азоту нітратного визначено, що на протязі 2015-2017 рр. вони відповідали IV класу та 6 категорії якості, а у 2018 і 2019 рр. відбулося ще більше погіршення якості води і клас та категорія якості відповідали – V(7), що характеризує їх за станом як «дуже погані», а за ступенем чистоти – «дуже брудні» (рис. 2б).

Дослідження проб води I підйому з ДВС-2 показали, що за вмістом азоту нітратного за середньорічними величинами, всі п'ять дослідних років, були практично на одному рівні. Найменший вміст – 1,26 мгN/дм³ був визначений у 2015 році, а найбільший – 1,83 мгN/дм³ у 2019 р., що відповідає IV класу та 6-тій категорії якості води і характеризуються за станом як «погані», за ступенем їх чистоти – «брудні» (рис. 3а).

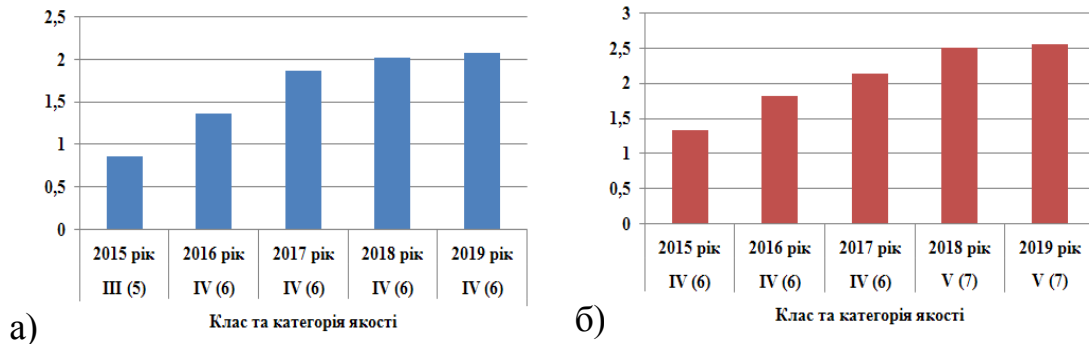


Рис. 2. Клас і категорії якості води I підйому з ДВС-1 за середньорічними (а) і максимальними (найгіршими) (б) показниками вмісту азоту нітратного за 2015-2019 р.р.

За максимальними (найгіршими) величинами вмісту азоту нітратного визначено, що у 2015 році, вони відповідали V класу якості та 7-тій категорії якості води. У 2018 році спостерігалось незначне покращення якості дослідної води (IV клас та 6-та категорія якості). Але у 2019 році цей показник знову погіршився і відповідав V класу та 7-мій категорії якості (за станом - «дуже погані», за ступенем їх чистоти - «дуже брудні») (рис. 3б).

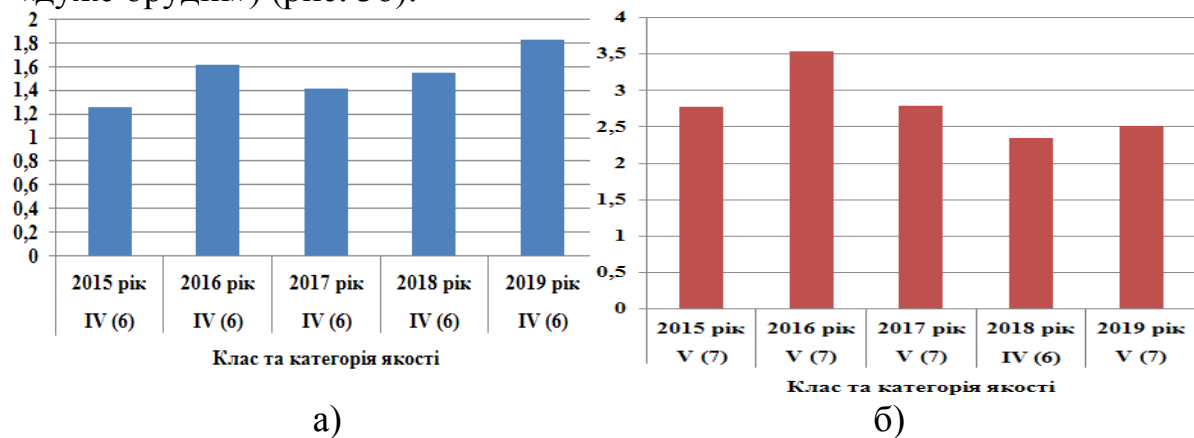


Рис. 3. Клас і категорії якості води I підйому з ДВС-2 за середньорічними (а) і максимальними (найгіршими) (б) показниками вмісту азоту нітратного за 2015-2019 р.р.

За середньорічними величинами вмісту азоту нітратного виявлена стабільно незадовільна якість дослідної води I підйому з ОВС ПАТ «Запоріжсталь». На протязі всіх п'яти років досліджень визначений IV клас і 6 категорії якості води (рис. 4а).

За максимальними (найгіршими) величинами виявлена негативна динаміка. У 2015 - 2018 рр. цей показник відповідав IV класу і 6 категорії якості, але у 2019 році ситуація ще більше загострилася і вміст азоту нітратного відповідав V класу і 7 категорії якості води (рис. 4б).

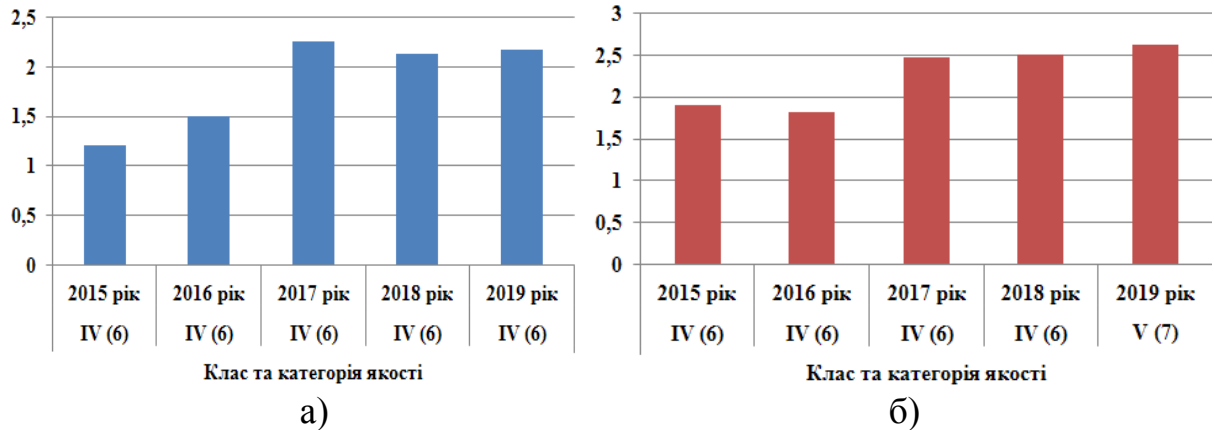


Рис. 4. Клас і категорії якості води I підйому з ОВС ПАТ «Запоріжсталь» за середньорічними (а) і максимальними (найгіршими) (б) показниками вмісту азоту нітратного за 2015-2019 р.р.

Отже, показники вмісту азоту нітратного в дослідних пробах води I підйому з ДВС-1, ДВС-2 та ОВС ПАТ «Запоріжсталь», як за середньорічними, так і за максимальними (найгіршими) величинами, на протязі п'ятирічного періоду досліджень (2015-2019 рр.), були аналогічними, що підтверджує погіршення екологічного стану нашої головної водної артерії.

Висновки. Таким чином, дослідження дозволяють констатувати, що за вмістом азоту нітратного спостерігається стійка тенденція зниження якості води р. Дніпро в межах м. Запоріжжя. Це негативно впливає на біохімічні та екологічні процеси у дослідному водному об'єкті. Значне антропогенне навантаження, вже, порушило природну рівновагу та знизило якість дослідних вод, як за середньорічними показниками, що характеризуються за станом як «погані», за ступенем чистоти як «брудні», так і за максимальними (найгіршими) показниками (за станом - «дуже погані», за ступенем їх чистоти - «дуже брудні»). Отже, виявлена тенденція вказує на необхідність постійного екологічного контролю за вмістом нітратів у воді р. Дніпро.

Зважаючи на інтенсифікацію сільськогосподарського виробництва в Україні, важливо посилити контроль за вмістом нітратів з метою покращення екологічного стану водних ресурсів р. Дніпро і забезпечення екологічної безпеки та здоров'я населення.

Список використаних джерел.

1. *Комар А.С.* Організаційно-економічні заходи ресурсозбереження в молочному скотарстві. *Тези міжн. наук.-пр. форуму «Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції».* ТДАТУ. 2019. С. 36–39.

2. *Скляр О.Г.* Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник. Мелітополь: Колор Принт, 2012. 720 с.



3. *Boltyanska N.* Ways to Improve Structures Gear Pelleting Presses TEKA. *An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering.* Lublin-Rzeszow, 2018. Vol. 18. No 2. P. 23–29.
4. *Солованюк О., Гулай Л.* Роль нітрогенвмісних сполук в оцінці екологічного стану поверхневих штучних водоймищ. *Збірник наукових статей “III-го Всеукраїнського з’їзду екологів з міжнародною участю” (Екологія/Ecology–2011).* 2011. С. 537-539.
5. *Skliar O., Skliar R.* Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *Motrol: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa.* Vol. 16, No 2. P. 183-188.
6. *Boltyansky O.V.* Analysis of the main areas of resource conservation in animal husbandry. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa.* 2016. Vol. 18. No 13, b. 49-54.
7. *Скляр О.Г.* Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник. К.: Видавничий дім «Кондор», 2018. 380 с.
8. *Boltyansky B., Boltyansky O.* Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture.* 2016. Vol.16. No.2. 49-54.
9. *Boltyanskaya N.I.* The creation of optimal microclimate parameters in the conditions of growing shortage of energy in the pig industry. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK.* 2016. Vol. 254. 284-296.
10. *Sklar A.G.* Mechanization of technological processes in animal CTW. Kolor Print. 2012. 720 p.
11. *Заболотько О.О.* Аналіз потенційних напрямів ефективного розвитку галузі свинарства. *Мат. І Міжн. наук.-практ. Інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі».* Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 121-127.
12. *Boltyansky O.V.* The development of the pig industry and the competitiveness of its products. *MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa,* 2012. Vol. 14. No3b. 164-175.
13. *Комар А.С.* Роль інфраструктури сільських територій в розвитку агропромислового комплексу. *Мат. І Міжн. наук.-практ. Інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі».* Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 49-53.
14. *Мовчан С.І.* Вода і водні ресурси в технологічних процесах підприємств АПК: навчальний посібник. Мелітополь. ВПЦ «Люкс», 2019. 192 с.
15. *Сніжко С.І.* Оцінка та прогнозування якості природних вод: підручник. Київ : Ніка-центр, 2001. 264 с.
16. *Боголюбов В.М., Юхимчук І.В.* Системний аналіз методів управління поверхневим стоком сільськогосподарських територій.



Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції МНПК “Перший Всеукраїнський з’їзд екологів”. 2006. С. 29-33.

17. *Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.*

18. *Мовчан С.І. Щодо питання очищення і знешкодження стічних вод гальванічного виробництва електрофлокоагуляційною установкою. Праці ТДАТУ. 2017. Вип 17. Т.3. С. 90–98.*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИРОБНИЦТВА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Троїцька О.О., Ткаліч І.О., Бакарджиєв Р.О., Болтянська Н.І.

Анотація

В статті сформульовано актуальність проведених досліджень, яка обумовлена тим, що в даний час основними джерелами забруднення води в багатьох країнах є не промисловість, а сільське господарство, оскільки найпоширенішими хімічними забруднювачами є сільськогосподарські нітрати. Проведений аналіз фондових даних, дозволив визначити значення середньорічних та найгірших показників вмісту азоту нітратного у воді I підйому з ДВС-1, ДВС-2 і ОВС ПАТ «Запоріжсталь» за 2015-2019 рр. Визначено клас і категорію якості дослідних вод. За середньорічними величинами вони характеризуються як «погані», за ступенем чистоти як «брудні», а за найгіршими, як «дуже погані» і «дуже брудні». Отже, показники вмісту азоту нітратного в дослідних пробах води (2015-2019 рр.), були аналогічними, що підтверджує погіршення якості води р. Дніпро в межах м. Запоріжжя. Зважаючи на інтенсифікацію сільського господарства, важливо посилити контроль за вмістом нітратів з метою покращення екологічного стану водних ресурсів р. Дніпро і забезпечення екологічної безпеки та здоров'я населення.

Ключові слова: вміст нітратів, екологічний контроль, клас і категорія якості, якість поверхневих вод

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Троицкая Е.А., Ткалич И.А., Бакарджиев Р.А., Болтянская Н.И.

Аннотация

В статье сформулирована актуальность проведенных исследований, которая обусловлена тем, что в настоящее время, основными источниками загрязнения воды является сельское хозяйство, поскольку наиболее распространенными химическими загрязнителями являются сельскохозяйственные нитраты. Анализ фондовых данных, позволил определить значение среднегодовых и худших показателей содержания азота нитратного в воде I подъема с ДВС-1, ДВС-2 и ОВС «Запорожсталь» за 2015-2019 гг. Определен класс и категория качества исследуемых вод. По среднегодовым величинами они характеризуются как «плохие», по степени чистоты как «грязные», а по худшим, как «очень плохие» и «очень грязные». Таким образом, показатели содержания азота нитратного в исследуемых пробах воды (2015-2019 гг.), были аналогичными, что подтверждает снижение качества воды р. Днепр в пределах г. Запорожья. Несмотря на интенсификацию сельского хозяйства, важно усилить контроль за содержанием



нитратов в целях улучшения экологического состояния водных ресурсов р. Днепр и обеспечения здоровья населения.

Ключевые слова: содержание нитратов, экологический контроль, класс и категория качества, качество поверхностных вод.

STUDY OF THE INFLUENCE OF AGRICULTURAL PRODUCTION ON THE ECOLOGICAL STATE OF WATER RESOURCES

Troicka O., Tkalich I., Bakardgiev R., Boltyanska N.

Summary

According to a Global survey of water pollution by agriculture FAO and the International water management Institute, at present, the main sources of water pollution in many countries are no cities or industry, and agriculture, as the most common chemical pollutants worldwide, are agricultural nitrates. According to expert estimates, the share of nitrates from agricultural sources ranges from 30 to 90% of the total nutrient pollution of water. Water contaminated with nitrate poses a serious risks to human health and ecosystems of the planet. Therefore, environmental monitoring of surface water quality of the Dnieper river based on the analysis and performance assessment of nitrate levels is important. The values of nitrate can be used as indicators to measure the process of surface water pollution, including agricultural runoff. The analysis of stock laboratory data allowed to determine the values of average and maximum (worst) indicators in the content of nitrate nitrogen in the water I rise with DVS-1, DVS-2 and OVD JSC "Zaporizhstal" for the period 2015-2019. Based on the comparison of average and maximum (worst) values of the studied index determined the class and category of water quality I upgrade with DVS-1, DVS-2 and OVD JSC "Zaporizhstal". Quality research water annual average characterized the condition as "poor" according to the degree of purity as "dirty", the maximum (worst) indicators - as "very bad", according to their degree of purity "very dirty". Consequently, the concentrations of nitrate nitrogen in the experimental water samples as annual average and maximum (worst) values for the five-year study period, was similar, which confirms the deterioration of water quality. The Dnieper river within the city of Zaporozhye. Despite the intensification of agricultural production in Ukraine, it is important to strengthen the monitoring of nitrate content with the aim of improving the ecological status of water resources in the Dnieper and environmental safety and health.

Key words: nitrate content, environmental control, quality class and category, surface water quality.



УДК 620.1

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-20

ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ПРИСАДОК ПРИ ОБКАТУВАННІ ГІДРОМАШИН

В'юник О. В.¹, інж.,

ORCID: 0000-0002-6413-5567

Дідур В. В.², к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-7584-5073

Паніна В. В.¹, к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-9623-516X

Дашивець Г. І.¹, к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-2612-6077

¹Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного

e-mail: olga.viunyk@tsatu.edu.ua²Уманський національний університет садівництва

Постановка проблеми. В наш час гостро стоїть питання підвищення ефективності використання мобільних машин, які оснащені гідравлічними системами. Одним із шляхів вирішення цього питання є відновлення зношених деталей, яке характеризується комплексом операцій по відновленню справного або працездатного стану деталей та технічного ресурсу. Припрацювання поверхонь тертя деталей після відновлення є важливим резервом підвищення надійності і ресурсу шестеренних насосів після ремонту, отже впровадження прогресивних технологій при ремонті і обкатуванні гідромашин є актуальним.

Аналіз останніх досліджень. Ця робота є складовою досліджень, присвячених підвищенню післяремонтної довговічності вузлів тертя шестеренних насосів НШ–К за рахунок зниження зносу деталей в період припрацювання. Один із шляхів прискорення припрацювання деталей є застосування припрацювальних присадок. У попередній роботі було проаналізовано різні присадки для припрацювання деталей гідромашин після ремонту і виявлено, що найбільш перспективним є використання комплексних присадок, які містять поверхнево-активні й хімічно активні речовини [1].

Розширення обсягу знань в області фізики, хімії і механіки веде до розуміння складності структури поверхневого шару, яка складається з дефектного шару матеріалу твердого тіла, який утворився при його обробці, плівок окислів, хемосорбованих і адсорбованих шарів.

В проаналізованих роботах автори використовували поняття молекулярних сил при описі контактної взаємодії [2], загальне рівняння сили тертя поряд з механічним компонентом, містить молекулярну складову [3]. Спільний розгляд молекулярних сил і деформованості

граничного шару привело до формулювання поняття «третього тіла» у контакті. В останній час граничний шар мастильного середовища із прилягаючими плівками на твердих контактуючих поверхнях розглядається як один з основних факторів взаємодії [4].

В роботах П. А. Ребиндера використовувався комплексний підхід до розуміння фрикційної взаємодії з позицій фізико-хімічної механіки [5]. Поява високоефективних фізичних методів (растрова електронна мікроскопія, спектроскопія) дослідження структури і складу поверхневих шарів твердих тіл дозволило одержати принципові результати, які можна використовувати при описі зношування як динамічного комплексу процесів руйнування вихідних структур, формування нових структур і їх руйнування. Це дало поштовх до створення теорії фрикційної взаємодії на основі опису процесів масопереносу при терті. Одна з таких теорій запропонована в роботі [6], де автор запропонував модель тертя і вираз для коефіцієнта тертя.

Формулювання мети статті. Провести розрахунково-теоретичний аналіз підвищення довговічності вузлів тертя шестеренних насосів застосуванням фтороорганічних поверхнево-активних речовин (епіламів).

Основна частина. Загальним випадком фрикційної взаємодії [7] є виникнення перенесеної плівки на обох поверхнях тертя деталей (рис. 1).

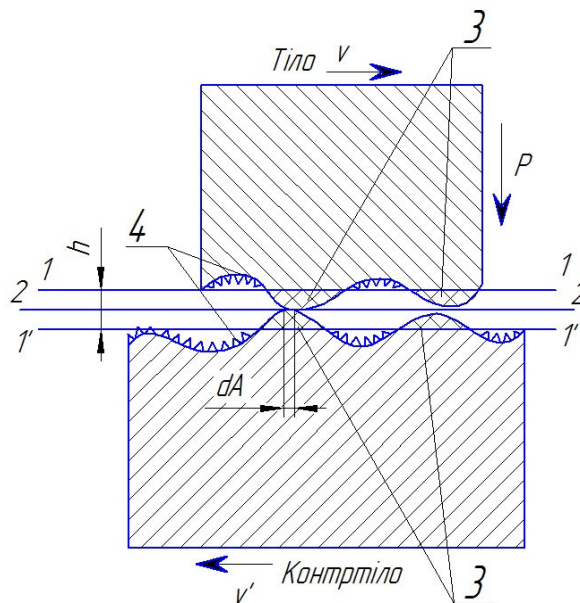


Рис. 1. Схема фрикційної взаємодії поверхонь, покритих плівками переносу: 1 – 1, (1'– 1') – границі розділу перенесеної плівки і поверхневого шару металу тіл; 2 – 2 границя розділу на рівні «плівка – плівка» перенесені на взаємодіючі тіла; 3 – плівки перенесені на поверхні тіл тертя; 4 – адсорбований і хемосорбований шар змащення; V , V' – швидкості руху; P – навантаження; dA – площа одиничного контакту; h – товщина перенесених плівок.



Поверхні тіл покриті шаром перенесеної речовини (рівної товщини), а ковзання реалізується або на границі розділу 2 – 2 з коефіцієнтом тертя μ_1 , або на границі розділення 1–1, (1'–1') з коефіцієнтом μ_2 . Якщо $\mu_1 \geq \mu_2$ плівка на поверхні тіла може відшаровуватися частинками.

Структура плівки переносу характеризується істотною неоднорідністю, більшим числом пор, які є мікрорезервуарами для мастильного матеріалу. Дрібнодисперсні частки металу з активною поверхнею слугують також центрами створення полімероподібних продуктів. Присутність у зоні контакту поверхнево-активних речовин з металами приводить до реалізації особливого механізму фрикційної взаємодії, що характеризується колоїдною системою часток у мастильному матеріалі і структурними перетвореннями на поверхні розділення. Це приводить до швидкої адаптації пари тертя і переходу її в сталий режим роботи [7 – 8].

Зміна режиму тертя або властивостей поверхневого шару значно впливають на величину зношування і силу тертя.

При терті, як і при ударі, шорсткості граничних поверхонь при взаємодії, сприймають як пружні, так і сильні локальні пластичні деформації з порушенням структури і появою дислокацій. У результаті збільшується вільна поверхнева енергія, і контактна зона отримує стан сильного активування. Він супроводжується випромінюванням електронів, перетворенням речовин, активацією хімічних реакцій.

Відомо, що зміна за часом у міжатомному зв'язку під навантаженням (довговічність тіла) від напруги (σ) і температури (T) описується рівнянням, що лежить в основі кінетичної природи руйнування твердих тіл [9]:

$$\tau = \tau_0 \cdot \exp \frac{U_0 - \gamma \cdot \sigma}{k \cdot T}, \quad (1)$$

де τ – час до руйнування, с.;

τ_0 – період теплових коливань атомів, с.;

U_0 – величина енергетичного бар'єра, Дж.;

σ – напруга, МПа.;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постійна Больцмана;

γ – коефіцієнт, який характеризує міцнісні властивості твердого тіла;

T – абсолютна температура, К.

Це загальне рівняння для довговічності справедливо для великого числа найрізноманітніших матеріалів у широкому інтервалі напруг і температур. У середньому для всіх матеріалів, незалежно від



їхнього хімічного складу, типів зв'язку й структури, $\tau_o \approx 10^{-13} \text{ c}$. Початковий енергетичний бар'єр U_o (енергія деструкції зв'язку) різний для різних матеріалів і по величині близький до значення енергії від активації розпаду міжатомних зв'язків у твердих тілах. Коефіцієнт γ сильно залежить від структурних змін: режиму термообробки, змісту домішок, ступені орієнтації (для полімерів) і пластифікації, кристалографічної орієнтації і щільності дислокацій.

Така ж функціональна залежність (див. 1) кінетичних параметрів від температури спостерігається і для безлічі інших явищ (дифузії, випарування, протікання хімічних реакцій і так далі), які обумовлюються хаотичністю теплового руху атомів і звідси нерівномірністю розподілу теплової енергії між ними [9].

Очевидно, правомірним буде застосування подібної залежності і для процесу динамічної взаємодії тіл, зокрема для процесу граничного тертя металів. Тоді, якщо це процес протікання трибохімічних реакцій, то U_o – той надлишок енергії в порівнянні із середньою енергією молекул при даній температурі, яку повинні мати молекули, що вступають у хімічну реакцію.

Для коефіцієнта тертя f , аналогічне за видом рівняння має вигляд [8]:

$$f = f \cdot \exp \frac{U_o - \gamma \cdot \sigma}{k \cdot T}. \quad (2)$$

Експерименти, проведені у фізико-технічному інституті Білоруської академії наук разом з Бердянським дослідним маслозаводом показали, що дане рівняння правильно описує зміну коефіцієнта тертя в інтервалі навантажень від 20 до 240 МПа.

Під модифікуванням поверхонь тертя розуміють хімічне насичення поверхонь тертя у процесі самого тертя. До хімічного модифікування можна віднести і процес вибіркового переносу.

Хімічна модифікація поверхонь тертя залежить від наявності в мастильному матеріалі хімічно-активних речовин, які взаємодіючи з металевими поверхнями, знижують схильність до утворення металевих зв'язків, і перешкоджають схоплюванню і підвищеному зношуванню при важких режимах тертя. У якості критерію $\Pi_{\text{сп.х}}$, який враховує хімічну модифікацію, можна прийняти співвідношення [9, 10]:

$$\Pi_{\text{сп.х}} = \frac{R \cdot T}{U}, \quad (3)$$

де U – енергія активації розпаду міжатомних зв'язків хімічно модифікованих шарів, Дж;

T – абсолютна температура, К;

R – універсальна газова постійна, ($R=8,3$ Дж/моль·К).



Зносостійкість поверхонь буде залежати від співвідношення швидкості стирання модифікованих шарів і їх утворення в процесі тертя, від фізико-хімічних властивостей цих шарів, їх розмірів.

Проведені дослідження показують, що шляхом цілеспрямованої зміни зовнішніх умов, складу і природи змащення можна змінювати властивості поверхонь тертя в потрібному напрямку.

З точки зору хімотології процесу зношування деталей при обкатуванні можна виділити п'ять видів фрикційної взаємодії.

1. Пружне деформування. Напруги в точці контакту в цьому випадку не перевищують границі текучості матеріалу, а зношування відбувається в результаті фрикційної втоми.

2. Пластичне відтиснення матеріалу. Напруги досягають межі плинності, але матеріал обтікає мікроступи, які впровадилися. Зношування- результат малоциклової фрикційної втоми.

3. Мікрорізання. Напруги досягають межі міцності, зношування відбувається за рахунок відриву мікростружок.

4. Адгезійне порушення фрикційного зв'язку. За рахунок прилипания руйнується захисна адгезійна плівка на поверхні металу.

5. Когезійний відрив. Міцність фрикційного зв'язку перевищує міцність основного металу, відбувається захоплення і глибинне виривання металу.

Через те, що мікроступи шорсткої поверхні неоднакові по висоті і формі, то в процесі припрацювання мають місце всі п'ять видів фрикційної взаємодії. На процеси мікрорізання і пластичного відтискування матеріалу можна впливати шляхом впровадження пластифікуючих присадок в обкаточні мастила. Процес адгезійного порушення фрикційного зв'язку може бути змінений шляхом введення адгезійних присадок. Процес когезійного відриву може бути оптимізований за рахунок протизадирних властивостей масел.

Таким чином, застосування найбільш раціонального набору присадок буде суттєво впливати на зношування деталей аксіально-поршневих гідромашин.

У процесі життєвого циклу зношування деталей тертя можна розглядати як суму двох випадкових функцій:

$$U(t) = f_1(t) + f_2(t), \quad (4)$$

де $f_1(t)$ – функція, що відображає зношування при працюванні;

$f_2(t)$ – функція, що відображає зношування при експлуатації.

Інтенсивність зношування деталей машин у процесі припрацювання характеризується комплексним станом поверхонь тертя. У відповідності з існуючим станом про приробіток контактуючих поверхонь деталей, один з її результатів – утворення рівноважної шорсткості, яка не залежить від вихідної і визначається

тільки умовами тертя. При досягненні рівноважної шорсткості коефіцієнт тертя і інтенсивність зношування стають мінімальними. Тільки після утворення рівноважного стану поверхневого шару можна говорити про завершення процесу припрацювання. Звідси, підвищення якості процесу припрацювання деталей полягає в скороченні часу досягнення рівноважного стану контактуючих поверхонь, який характеризується найкращими трибологічними параметрами з погляду подальшої експлуатації агрегату.

З точки зору енергетичних перетворень настання рівноважного стану відбувається пропорційно збільшенню енергії активації $d(A_a)$ в одиницю часу, яке визначають із залежності [3]:

$$10adA_a = \frac{dS}{dt} = a \left(\frac{dA_T}{dt} - \frac{dA_O}{dt} \right), \quad (5)$$

де a – постійний коефіцієнт, с/Н;

S – площа контакту, м²;

dA_T – енергія тертя, Дж;

dA_O – енергія, що приділяється, Дж.

При постійній площі контакту ($dS/dt = 0$) процес переходить у рівноважний стан. У процесі припрацювання енергія, яка виділяється, змінюється за складним законом і при деякому критичному значенні $S = S_{кр}$ досягає граничного значення і залишається незмінною або починає зменшуватися.

Швидкість збільшення площі контакту dS/dt більше при наявності в маслі спеціальних припрацювальних присадок. Це пояснюється більш низьким опором зрушенню плівок переносу, а також тим, що антифрикційні покриття в більшості випадків більш пластичні в порівнянні з основним шаром металу. Розділення поверхонь легкоплавкими евтектиками поліпшує їх припрацюваність, перешкоджає металевому схоплюванню на ділянках контакту в початковий момент і підвищує несучу здатність пар тертя. У процесі роботи опір поверхонь зношуванню і задирам визначається властивостями матеріалів деталей, і масел, які застосовуються. Процеси контакту, тертя і зношування, як правило, пов'язані з безпосередніми фізичними взаємодіями поверхонь, які здійснюють відносні рухи. На всі ці процеси впливає масло, яке виконує наступні функції: розділяє поверхні тертя і зменшує площу безпосереднього контакту металевих поверхонь; змінює пластичні властивості взаємодіючих поверхонь; охолоджує поверхні тертя і змиває з них або вимиває із зазорів частки металів і їх оксидів, які мають абразивний вплив на поверхні тертя. При наявності плівки



переносу, поверхні тертя переміщуються одна щодо іншої з малим опором зрушенню і без яких-небудь ушкоджень. Залежно від товщини плівки ($10^{-3} \dots 10^{-2}$), розподілу в ній профілів і ступені геометричного прилягання поверхонь виникають різні режими змащування.

Припрацювання деталей качаючого вузла аксіально-поршневих гідромашин відбувається в режимі граничного змащення. Цей режим характеризується наступними особливостями: поверхні розташовані на близькій відстані і між поверхнями існує контакт; гідродинамічні явища і вплив об'ємних реологічних властивостей масла малі і не суттєві; трибологічна поведінка системи визначається поверхневими взаємодіями між тонкими плівками переносу і твердими поверхнями.

Основне призначення масел полягає в створенні між поверхнями, що рухаються, плівки, здатної зменшити число прямих взаємодій твердих тіл, і характеризується малим опором здвигу. Граничне мащення повинно мати високу адгезію до поверхні тертя, зменшувати зношування і мати малу міцність на зріз, що забезпечує низьке тертя.

Взаємодія твердого тіла з маслом, яке приводить до появи захисної граничної плівки, може бути представлена трьома механізмами: фізичною і хімічною адсорбцією, хімічною реакцією.

Фізична адсорбція характеризується тим, що молекули мащення затримуються на поверхні металу силами Ван-Дер-Ваальса [3]. Полярні молекули мащення, наприклад, стеаринової кислоти, приєднуються до металу головним чином у вертикальній орієнтації, утворюючи міцну плівку. Ця плівка протистоїть проникненню нерівностей і тим самим перешкоджає контакту металу з металом. Багато молекул зближаються гранично щільно і зміцнюють плівку поперечними когезійними силами. Зона малої міцності на зріз створюється між зовнішніми поверхнями двох монослоїв, адсорбованих прилягаючими металевими поверхнями. Система граничного мащення з фізичною адсорбцією плівки чутлива до температури, оскільки нагрівання викликає десорбцію, порушення орієнтації і плавлення плівки. Тому граничне мащення з перевагою механізму фізичної адсорбції застосовується при низьких температурах і в умовах малого тепловиділення при терті, тобто при малих навантаженнях і швидкостях ковзання пар тертя.

У системі граничного мащення може виникати хімічна адсорбція (хемосорбція), коли молекули мащення втримуються на поверхні хімічними зв'язками. Прикладом служить взаємодія стеаринової кислоти з окисом заліза в присутності води з утворенням на поверхні плівки «металевого мила» із стеарата заліза. «Металеве мило» має більш високі міцнісні властивості на зріз і температуру плавлення (390 K), що підвищує стійкість плівки.

Хімічно адсорбовані плівки мають ефективну змащувальну здатність, аж до температури плавлення, незалежно від того, утворені

вони на поверхні реагуючої чи ні. Вони забезпечують змазування при помірних температурах, навантаженнях, швидкостях ковзання, але виявляються непридатними у важких робочих умовах через порушення орієнтації, розм'якшення або плавлення плівки. У системі із граничним змащенням між твердими поверхнями і молекулами мащення можуть протікати хімічні реакції, коли існує обмін валентними електронами, і утворюються нові хімічні речовини (плівки солей металів, що володіють малою міцністю на зріз, але високою температурою плавлення). Ці плівки більш стійкі ніж будь-яка фізично або хімічно адсорбована плівка. Граничні мащення, що виникають у результаті хімічної реакції, придатні для високих навантажень, температур і швидкостей ковзання, але вони не повинні бути занадто активними. У протилежному випадку розвивається корозійно-механічне зношування.

Висновки. Таким чином, дослідження показують, що:

- працездатність масла визначається стабільністю плівки на нерівностях металу, яка, у свою чергу, залежить від взаємодії металу, масла і навколишнього середовища, а також від тепловиділення на поверхнях розділу при терті. Ушкодження поверхні тертя деталі виникає у випадку, якщо контактний тиск перевищить величину несучої здатності плівки змащення;

- руйнування поверхневих плівок може відбуватися поетапно. Спочатку руйнуються або термічно розкладаються зовнішні шари (фізично або хімічно адсорбовані), а потім внутрішні (оксидні і зміцнені). Таким чином, механізми порушення працездатності таких плівок масла на поверхнях тертя деталей визначаються фізичною і хімічною природою захисних поверхневих шарів, а також умовами контакту нерівностей.

Список використаних джерел:

1. Дідур В. В., Паніна В. В., В'юник О. В. Спосіб підвищення післяремонтної довговічності шестеренних насосів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 110–117.

2. Yakovleva A. P. Improving the Durability of Machine Parts Using a Combined Method. *Materials Science Forum*. 2019. P. 37-41.

DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.946.37.

3. Крагельский И. В., Добычин М. Л., Комбалов В. С. Основы расчетов на трение и износ. Москва: Машиностроение, 1977. 526 с.

4. Running-in of repaired engines using friction modifiers / S. Mitko et al. *Industrial Lubrication and Tribology*. 2014. P. 62 – 65. **DOI:** 10.1108/ILT-07-2011-0056.

5. Neville A., Morina A. Wear and Chemistry of Lubricants. *Wear - Materials, Mechanisms and Practice*. Gwidon W. Stachowiak, 2014. P. 71-94. **DOI:** 10.1002/9780470017029.ch5.



6. Lee Hsin-Min , Wang A-Cheng, Lin Yan-Cherng. Friction Characteristics of Machined Metal with Different Surface. *Morphologies Advances in Materials Science and Engineering*. 2015. DOI: 10.1155/2015/710768.

7. Закалов О. В., Закалов І. О. Основи тертя і зношування в машинах: навч. посібник. Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 322 с.

8. Динаміка фрикційної взаємодії / М. В. Кіндрачук та ін. *Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. журнал*. 2014. № 1. С. 63 – 72. DOI: 10.18372/0370-2197.1(62).7766.

9. Гаркунов Д. Н., Мельников Э. Л. Безизносное трение и водородное изнашивание металлов в решении основных трибологических проблем качества механизмов и машин. *Известия МГТУ «МАМИ»*. 2014. № 1(19), т. 2. С. 205 – 214.

10. Effect of Nano Oil Additive Proportions on Friction and Wear Performance of Automotive Materials *Tribology in Industry* / A. Vadiraj et al. 2012. Vol. 34, № 1. P. 3-10. URL: <http://www.tribology.rs/> (дата звернення 16.04.2020).

ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ПРИСАДОК ПРИ ОБКАТУВАННІ ГІДРОМАШИН

В'юник О. В., Паніна В. В., Дідур В. В., Дашивець Г. І.

Анотація

Припрацювання поверхонь тертя деталей після відновлення є важливим резервом підвищення надійності і ресурсу шестеренних насосів після ремонту. Ця робота є складовою досліджень, присвячених підвищенню післяремонтної довговічності вузлів тертя шестеренних насосів НШ–К за рахунок зниження зносу деталей в період припрацювання. В статті описано процес масопереносу при терті. Надано схему фрикційної взаємодії поверхонь, покритих плівками переносу. Наведено рівняння довговічності для різних матеріалів у широкому інтервалі напруг і температур та залежність процесу граничного тертя металів. Описано види фрикційної взаємодії; особливості режиму граничного змащення; процеси фізичної та хімічної адсорбції. Запропоновано шляхи впливу на процеси пластичного відтискування матеріалу, адгезійного порушення фрикційного зв'язку та когезійного впливу. Обґрунтовано доцільність застосування присадок при обкатці деталей аксіально-поршневих гідромашин. Наведено результати проведених досліджень.

Ключові слова: гідромашини, обкатування, тертя, змащення, присадки.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРИСАДОК ПРИ ОБКАТКИ ГИДРОМАШИНЫ

Вьюник А. В., Панина В. В., Дидур В. В., Дашивец Г. И.

Аннотация

Приработка поверхностей трения деталей после восстановления – важный резерв повышения надежности и ресурса шестеренных насосов после ремонта. Эта работа является составляющей исследований, посвященных повышению послеремонтной долговечности узлов трения шестеренных насосов НШ–К за счет снижения износа деталей в период приработки. В статье описан процесс



массопереноса при трении. Предоставлена схема фрикционного взаимодействия поверхностей, покрытых пленками переноса. Приведены уравнения долговечности для различных материалов в широком интервале напряжений и температур и зависимость процесса граничного трения металлов. Описаны виды фрикционного взаимодействия; особенности режима граничной смазки; процессы физической и химической адсорбции. Предложены пути влияния на процессы пластического отеснения материала, адгезионного нарушения фрикционной связи и когезионного воздействия. Обоснована целесообразность применения присадок при обкатке деталей аксиально-поршневых гидромашин. Приведены результаты проведенных исследований.

Ключевые слова: гидромашин, обкатка, трение, смазка, присадки.

THEORETICAL APPROACHES FOR THE USE OF DIFFERENT ADDITIVES IN THE RUNNING-IN PROCESS OF THE HYDRAULIC MACHINES

O. V. Viunyk, V. V. Panina, V. V. Didur, G. I. Dashivets

Summary

Working-in of the friction surfaces of parts after restoration is an important reserve of increase of reliability and resource of gear pumps after repair, therefore introduction of advanced technologies at repair and running-in of hydraulic machines is relevant. This work is part of researches devoted to improve the post-repair endurance of friction units of the gear pumps NS-K by reducing the wear of the parts during the working-in period. The article describes the process of mass transfer during friction. The scheme of friction interaction of surfaces covered by transfer films is given. The general longevity equation for a large number of various materials in a wide range of stresses and temperatures is presented, as well as the dependence of the process of dynamic interaction of bodies - the ultimate friction of metals. The types of friction interaction are described; peculiarities of the boundary lubrication mode, in which the working-in of the parts of the pumping assembly of axial-piston hydraulic machines occur; physical and chemical adsorption processes. The ways of influence on the processes of plastic extrusion of material, adhesive disturbance of friction bonding and cohesive influence are offered. The expediency of using a rational set of additives in the running-in parts of axial-piston hydraulic machines is substantiated. The results of the conducted researches are given which show that:

- the performance of the oil is determined by the stability of the film on the irregularities of the metal, which, in turn, depends on the interaction of metal, oil and the environment, as well as heat dissipation on the surfaces of the section during friction. Damage to the friction surface of the component occurs if the contact pressure exceeds the load bearing capacity of the lubricating film.

- the destruction of surface films can occur in stages. First, the outer layers (physically or chemically adsorbed) are destroyed or thermally decomposed, then the inner layers (oxide and hardened) are destroyed. Thus, the mechanisms of disability of such films of oil on the friction surfaces of the parts are determined by the physical and chemical nature of the protective surface layers, as well as the conditions of contact of the irregularities of the friction surfaces.

Keywords: hydraulic machines, rolling, friction, lubrication, additives.



УДК 620.952

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-21

ГРАНУЛЮВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ПРИКЛАДІ ОЧЕРЕТУ

Комар А. С., інж.

ORCID: 0000-0001-7037-8402

Болтянська Н. І., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-7887-4715

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: artem.komar@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. На сьогоднішній день приблизно 95% всієї світової енергії виробляється з непоновлюваних джерел, таких, як природний газ, нафта і вугілля. Кінець минулого століття в світі знаменувався початком застосування технології по видобуванню енергії з відходів органічного походження, до яких входять і паливні гранули (пелети) [1-4].

Останніми роками в Європі спостерігається стійкий попит на пелети. Величезну роль в цьому відіграє політика ЄС щодо клімату, зокрема, заходи щодо скорочення викидів парникових газів в атмосферу. Близько 85% світового ринку споживання ущільненого біопалива припадає на Європу [5-7].

Потужності виробництва пелет в Україні за типами сировини дуже різняться: деревина, солома, лушпиння, торф, очерет, макуха, люцерна, деревне вугілля, рис, відходи переробки борошна, кукурудза, лігнін, гідролізні смоли тощо. Основні виробництва за сировиною поділяють на п'ять типів: деревні пелети, пелети із соломи, пелети з лушпиння, пелети з торфу, інші (всі, що не увійшли до перших чотирьох типів). Загальне виробництво пелет в Україні у 2015 р. становило 1 319 465 т на 494 підприємствах (рис. 1). Виробництво пелет з деревини становило до 390 000 т, лушпиння – 723 650 т, соломи – 146 000 т, торфу – 8400 т, інші – 51 835 т [8-12].

Гранули з органічних відходів є екологічно чистим видом твердого біопалива, яке широко використовується в розвинених країнах. У низинах Дніпра, де річка ділиться на рукави, між якими поступово зникають ділянки суші, виростає один з найбільш швидко поновлюваних джерел енергії – очерет. Було б дивно, якби людина не скористалася цим природним матеріалом, зростаючим в надмірній кількості. За своєю теплотворною здатністю очерет нітрохи не поступається вугіллю. Як показує практика, вигідним способом утилізації очеретяної маси є виробництво з неї паливних гранул.



Рис. 1. Виробництво пелет в Україні за типами палива

Аналіз останніх досліджень. Проблема формування й ефективності використання сільськогосподарської сировини для виробництва біопалива присвячені наукові праці таких вітчизняних вчених: Г. Г. Гелетухи, Є. І. Сухіна, Н. В. Зіновчук, І. Г. Кириленка та ін. [10]. Значний внесок у вивчення питання ущільнення органічних відходів рослинного походження зробили вітчизняні та зарубіжні вчені, серед яких В. П. Горячкін, Є. М. Гутьяр, М. О. Пустигін, В. І. Особов, І. О. Долгов, Є. І. Храпач, В. Ф. Некрашевич, М. О. Пережогін, О. О. Колотев, Г. Н. Шульга, Ч. Канафойський, Х. Скальвейт, Дж.-Л. Батлер, Х. Ф. Мак-Коллі та ін. [11,12]. У роботах цих науковців основна увага приділяється питанням пошуку найефективнішого способу використання біомаси, ущільненню органічних відходів та створенню комунікацій для транспортування сировини та готової продукції.

Проте питання ущільнення певних видів органічних відходів рослинного походження при сучасній тенденції до переходу на відновлювальні джерела енергії залишається недостатньо вивченим і є актуальним на сучасному етапі розвитку в Україні [13-15].

Формулювання цілей статті. Гранулювати органічні відходи рослинного походження, а саме очерету в лабораторних умовах.

Основна частина. Не зважаючи на те, що відновлюваних джерел стає більше – потреба людства в енергії зростає. Вугілля й мазут необхідно замінювати випереджаючими темпами та виявляти ощадність до отриманої енергії, не опалюючи небеса зайвими джоулями й калоріями. Україна зарекомендувала себе як експортер екологічних джерел енергії: дров, тріски, пелетів і в той же час країна імпортує паливо (вугілля, газ). Актуально використання власного біопалива у вигляді паливних гранул (пелетів), сировини для якого не



бракує, адже вони виготовляються з відходів в основному сільськогосподарського і деревного виробництва. Найкраще для виробництва пелет підходять такі органічні відходи: деревна тріска, тирса, стружки, солома, соняшникове лушпиння, макуха, люцерна, відходи переробки борошна, кукурудзиння, лігнін, очерет тощо. Обладнання для грануляції займає не так багато місця.

У процесі згоряння гранул виділяється не надто багато золи та шкідливих газів, а в атмосферу викидається у 15 разів менше CO₂, ніж при спалюванні природного газу. До того ж пелети відносно недорогі й малодимні, виділяють достатньо тепла [16]. За всіма показниками паливні гранули, виготовлені з очерету, абсолютно не поступаються торф'яним, а також пелетам з пресованої соломи. Більше того, при згорянні гранул з очерету відбувається менше виділенням сірки і вуглекислого газу, що позитивно позначається на довкіллі. Даний вид палива рослинного походження не має неприємного запаху, і може використовуватися як природний адсорбент.

Основні переваги виготовлення паливних гранул з тростино-очеретяної маси обумовлюється наступним [17]:

1. У біомасі очерету вміст вологи може досягати 50%, однак після висушування на повітрі, а також завдяки збиранні в зимовий час її значення знижується до 20-25%. Дана обставина дозволяє виробляти з очерету пелети з мінімальними витратами енергії на висушування сировини.

2. Тростино-очеретяна маса має високу теплотворну здатність.

3. Очерет має високий рівень вмісту лігніну – полімеру, що є природним сполучним елементом, що поліпшує фізичні параметри паливних гранул (щільність, міцність, стійкість до стирання тощо).

4. На відміну від нафтопродуктів і вугілля, очерет має низький вміст сірки та інших шкідливих домішок.

5. Мінімальні витрати на культивування очерету (навіть до їх відсутності), необхідні витрати тільки по його збору (заготівлі). Очерет повною мірою відноситься до поновлюваних джерел енергії. Це багаторічна рослина здатна дати перший урожай, придатний для збирання, вже через два-три роки після його посадки або самостійної появи. Надалі «урожай палива» можна збирати щорічно, при цьому зарості очерету мають стійку тенденцію до розростання.

Паливо в вигляді гранул з очерету може широко використовуватися для опалення приватних будинків, топки в камінах і котлах. Крім цього такі гранули цілком успішно використовуються в опалювальному обладнанні, яке забезпечує теплом цілі вулиці і квартали. За теплотворною здатністю пелети з очерету поступаються гранулам з деревини (табл. 1), однак і вартість такого палива істотно нижча.

Таблиця 1 - Характеристики брикетів з різних видів біомаси [15]

Матеріал брикету	Зольність, %	Вологість, %	Нижча теплота згорання, МДж/кг	Щільність, т/м ³
Солома	7,30	7,80	15,73	1,08
	4,86	9,30	15,68	н.д.
	5,5	6-10	15,4-21,0*	0,7-0,9
	8,0	8-10	17,18* (пшенична)	
	6,1-8,4		17,60* (житня)	
	4,0		17,2-17,6*	
Качани, стебла кукурудзи*	3,0	7,52	15,92 14,13-14,46	0,75-0,92
Стебла соняшника*	4,3	6-12	18,01	0,85-0,89
Лушпиння соняшника	3,6	2,70	18,77	1,15
	2,92	8,51 6-8	н.д. 21,0-21,8*; 18,85*	н.д. 1,09-1,15
Лушпайка рису	20,2	7,1	13,24	1,16
	12,0	5-12	13,83*	1,01
Деревна тирса	0,80	4,0	н.д.	н.д.
	1,10	10,3	17,00	н.д.
	1,16	4,1	18,86	0,79
	0,5-1,0	7-8	16,8-21,0*	1,15 (сосна)
	1,0		20,53* (тверді породи)	1,25 (дуб)
Виноградна лоза*	1,5	н.д.	14,04	н.д.
Очерет*	4,0	н.д.	16,76	1,12
Міскантус*	4,5; 3,1	7,5; 3,92**	17,5**; 17,6; 17,7	
	3,2	8	16-18*	0,85
Багаторічна рослина ковила (або тирса)	0,7	7,5	18,00	1,37

* У джерелі даних не уточнено нижча чи вища теплота згорання наведена; н.д. – немає даних.
** Склад брикету: міскантус – 70%, деревина – 30%.

Для гранулювання органічних відходів рослинного походження, а саме очерету маємо подрібнювач і гранулятор (рис. 2). Тростино-очеретяна маса, що буде використано в подальшому експерименті, була висушена природним способом на відкритому повітрі до вологості 15-20%, що дозволяє заощадити час і кошти на сушці вихідної сировини.



а)



б)

Рис. 2. Лабораторне обладнання для експериментального гранулювання: а) подрібнювач зерна і коренеплодів ІЗК-Ф-1; б) Гранулятор [18-20]

Процеси підготовки сировини до гранулювання складаються з подрібнення і сушіння. Сортуння з видаленням домішок виконано не буде, хоча це дасть змогу отримати стабільні параметри подрібненої суміші (фракційний склад, насипна густина, вологість, температура та відсутність побічних включень) для гранулювання.



а)



б)

Рис. 3. Підготовлений до завантаження в гранулятор матеріал: а) здрібнений очерет до фракції ≤ 6 мм; б) вимірювання вологи здрібненого очерету за допомогою вологоміру зерна і сипучих речовин «Condevo MD7822»

Діапазон зміни вологості подрібненої суміші рекомендовано змінювати в межах 6-20 %, оскільки поза цим діапазоном процес гранулювання не відбувається зовсім, або проходить із надто низькою ефективністю. Рекомендований фракційний склад – 1-5 мм.

Температурний діапазон перебуває в межах 0-+50°C [13].

Отриманий матеріал було подрібнено звичайно молотковим подрібнювачем концентрованих кормів ІЗК-Ф-1 до фракції ≤ 6 мм (рис. 3. а) за допомогою змінних решіт діаметром 6 мм (рис. 2. а).

Процес гранулювання відбуватиметься у грануляторі із нерухомо закріпленою плоскою матрицею та активними прикочувальними роликками, що приводяться в рух валом. Вибір такої конструкції зумовлений високою механічною міцністю основних частин гранулятора із дотриманням рекомендацій [18-22]. Виходячи із номенклатури доступних стандартних елементів, сформульовано табл. 2.

Таблиця 2 - Основні технологічні характеристики дослідної установки гранулятора

№ за/п	Елемент дослідної установки	Параметри елементів	Од. вим.	Діапазон зміни
1	Матриця	діаметр отворів	мм	10
		крок отворів	мм	4-8
		кут зінкування	град	15
		відношення довжини каналу матриці до його діаметра	–	5
		діаметр матриці	мм	200
		ширина робочої частини	мм	48
2	Ролики	діаметр	мм	100
		кількість	шт	2
		ширина	мм	50
3	Привідний механізм	швидкість обертання двигуна	с-1	1500
		передавальне відношення	–	1:6, 6:1
4	Регулювання відстані між матрицею і роликом	безступеневий механізм із механічним переміщенням	мм	0-2

Після подрібнення перевіряємо вологість здрібненого очерету (рис. 3. б) матеріал завантажуюмо до завантажувальної горловини гранулятора з нерухомо закріпленою плоскою матрицею (рис. 2. б) потужністю обладнання 11 кВт та оборотами активних прикочувальних роликів 240 хв⁻¹ [12].

В перші 10 хвилин роботи гранулятора спостерігаємо як очерет починає підсушуватися, а матеріал втрамбуватися в філь'єри діаметром 8 мм і формуватися перші гранули (рис. 5. а). Наступні 10 хвилин можемо спостерігати, що через прогрів матриці і зовнішній нагрів гранул в філь'єрах починає виділятися лігнін (рис. 5. б) , про що свідчить потемніння гранул. Після 20 хвилини роботи

плоскоматричного гранулятора, матриця та прикочувальні ролики вже добре прогріті, спостерігаємо формування більш твердих гранул, завдяки виділенню в великій кількості сполучної натуральної речовини у вигляді лігніну (рис. 5. в).

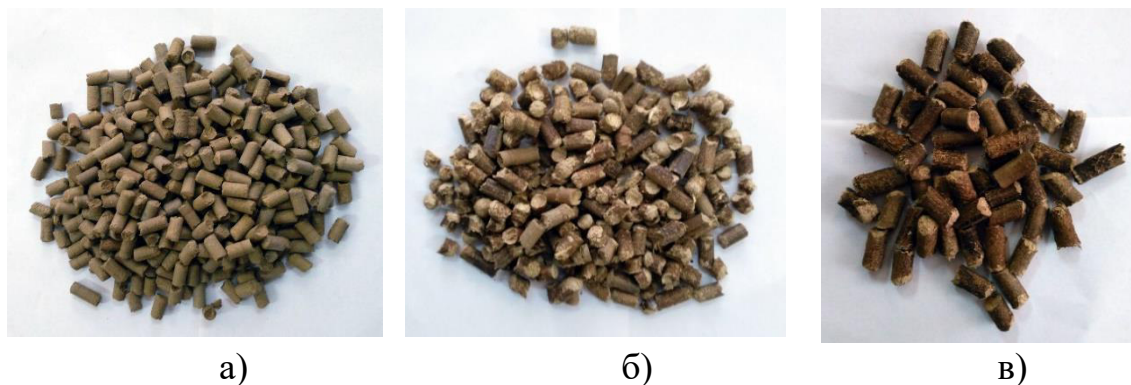


Рис. 5. Отримані експериментальним шляхом гранули з очерету: а) 1-10 хв. роботи гранулятора б) 11-20 хв. роботи гранулятора в) 21-30 хв. роботи гранулятора.

Після гранулювання отримані гранули необхідно охолодити, в нашому випадку, розклавши тонким шаром на піддоні на свіжому повітрі в притіненому місці, після чого їх підсушити винесенням піддонів під прямі сонячні промені.

Висновки. Таким чином, нами показано можливість отримання палива із органічних відходів рослинного походження, а саме очерету у вигляді гранул в лабораторних умовах. Утилізація тростино-очеретяної маси дозволить знизити антропогенне навантаження на довкілля, за рахунок переведення її із категорії відходів у категорію – палива. Високий вміст лігніну в очереті є важливим, оскільки він виступає одночасно і в'язучим та енергетичним компонентом. Органічна маса очерету є додатковим джерелом енергії та армуючим матеріалом гранульованого палива. Отримане за аналогією паливо характеризується теплотворною здатністю 18000 кДж/кг, зольністю близько 5-8 %, вологістю 6-10 % та насипною густиною 1,1–1,12 г/см³.

Список використаних джерел:

1. Algirdas J., Streikus D., Šarauskis E., Palšauskas M. Energy Evaluation and Greenhouse Gas Emissions of Reed Plant Pelletizing and Utilization as Solid Biofuel. *Energies*. 2020.13(16). 1516.

DOI : 10.3390/en13061516

URL: https://www.researchgate.net/publication/340159766_Energy_Evaluation_and_Greenhouse_Gas_Emissions_of_Reed_Plant_Pelletizing_and_Utilization_as_Solid_Biofuel (date of application: 20.04.2020)

2. Quaak P., Knoef H., Stassen H. Energy from Biomass : A Review of Combustion and Gasification Technologies World Bank Technical Paper



№ 422. Washington: The World Bank, 2009. 99 p. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/936651468740985551/Energy-from-biomass-a-review-of-combustion-and-gasification-technologies> (date of application: 28.04.2020)

3. Boltyansky O. V. Analysis of the main areas of resource conservation in animal husbandry. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2016. Vol. 18, No 13. P. 49-54.

4. Zabolotko O. O. Performance indicators of farm equipment. *Kramar Readings : Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference*. 2017. P. 155-158.

5. Boltyanska N. Ways to Improve Structures Gear Pelleting Presses. *TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. Lublin-Rzeszow, 2018. Vol. 18, No 2. P. 23-29.

6. Kalinichenko D., Rogovskii I. Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. *TEKA*. Lublin–Rzeszów. 2017. Vol. 17, No 3. P. 103–114.

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

8. Skliar O., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *Motrol: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. Vol. 16, No 2. P. 183-188.

9. Boltyansky O. V. The development of the pig industry and the competitiveness of its products. *MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2012. Vol. 14, No 3. P. 164-175.

10. Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси: посібник / Гелетуша Г. Г. та ін. Київ:[б.в.], 2016. 336 с.

11. Степанова І. Проблеми забезпечення агросировиною твердопаливного сектора біоенергетики в Україні. *Agricultural and resource economics*. Харків, 2017. Vol. 3, No 4. С. 135-146.

12. Мілько Д. О. Доцільність використання паливних брикетів з відходів сільськогосподарського виробництва. *Технічний прогрес у тваринництві та кормо виробництві*: матер.VIII-ї Всеукр. наук.-техн. конференції (02-27 грудня 2019 р.). Глеваха-Київ, 2020. С. 68–71.

13. The global wood pellet trade – markets, barriers and opportunities Workshop summary June 17, 2008, Academiegebouw, Utrecht, the Netherlands. URL: https://www.researchgate.net/publication/277151111_The_global_wood_pellet_trade_markets_barriers_and_opportunities_workshop_summary (date of application: 25.04.2020)

14. Комар А. С. Огляд способів ущільнення порошкоподібних та дрібних сипких матеріалів. *Технічне забезпечення інноваційних*



технологій в агропромисловому комплексі: мат. I Міжн. наук.-практ. Інтернет-конференції (01-24 квітня 2020 р.). Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 238-243.

15. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Драгнєв С. В. Аналіз можливостей виробництва та використання брикетів з агробіомаси в Україні. *Аналітична записка БАУ*. 2018. № 20. 48 с. URL : <https://uabio.org/materials/uabio-analytics/> (дата звернення 19.02.2020).

16. Загарний В. Гранульована біомаса – паливо № 1. *Агробізнес сьогодні*. 2019. 11 грудня. С. 70-72.

17. Производство топливных брикетов из камыша. URL: <https://bio.ukr.bio/ru/articles/4355/> (дата обращения: 01.05.2020).

18. Гранулятор: пат. 129109 Україна: МПК В 01 J 2/20. №201803046; заявл. 26.03.18; опубл. 25.10.18, Бюл. № 20, 4 с.

19. Комар А. С. Обґрунтування основних параметрів, що впливають на продуктивність гранулятора. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 118-129. DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-118-129

20. Болтянська Н. І. Взаємодія пресуючого ролика і матеріалу в прес-грануляторі. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 260-269. DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-260-269

21. Комар А. С. Вимоги до матриці для преса-гранулятора. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: мат. I Міжн. наук.-практ. Інтернет-конференції (01-24 квітня 2020 р.)*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 339-342.

22. Болтянська Н. І. Аналіз роботи ролика в прес-грануляторі. *Технічний прогрес у тваринництві та кормо виробництві: матер. VIII-ї Всеукр. наук.-техн. конференції (02-27 грудня 2019 р.)*. Глеваха-Київ, 2020. С. 17-20.

ГРАНУЛЮВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ПРИКЛАДІ ОЧЕРЕТУ

Комар А. С., Болтянська Н. І.

Анотація

В статті показано можливість отримання палива із органічних відходів рослинного походження, а саме очерету у вигляді гранул в лабораторних умовах. Утилізація тростино-очеретяної маси дозволить знизити антропогенне навантаження на довкілля, за рахунок переведення її із категорії відходів у категорію – палива. Високий вміст лігніну в очереті є важливим, оскільки він виступає одночасно і в'язучим та енергетичним компонентом. Органічна маса очерету є додатковим джерелом енергії та армуючим матеріалом гранульованого палива. Отримане за аналогією паливо характеризується теплотворною здатністю 18000 кДж/кг, зольністю близько 5-8 %, вологістю 6-10 % та насипною густиною 1,1–1,12 г/см³.

Ключові слова – гранулювання, відходи рослинного походження, очерет,



пелети, біопаливо.

ГРАНУЛИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КАМЫША

Комар А. С., Болтянская Н. И.

Аннотация

В статье показана возможность получения топлива из органических отходов растительного происхождения, а именно тростника в виде гранул в лабораторных условиях. Утилизация трость-тростниковой массы позволит снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду, за счет перевода ее с категории отходов в категорию - топлива. Высокое содержание лигнина в камышах является важным, поскольку он выступает одновременно и вяжущим и энергетическим компонентом. Органическая масса тростника является дополнительным источником энергии и армирующим материалом гранулированного топлива. Полученное по аналогии топливо характеризуется теплотворной способностью 18000 кДж / кг, зольностью около 5-8%, влажностью 6-10% и насыпной плотностью 1,1-1,12 г / см³.

Ключевые слова – гранулирование, отходы растительного происхождения, камыш, пеллеты, биотопливо.

GRANULATION OF WASTE OF VEGETABLE ORIGIN ON EXAMPLE OF REED

A. Komar, N. Boltianska

Summary

Today, approximately 95% of all global energy is produced from non-renewable sources, such as natural gas, oil and coal. The end of the last century in the world was marked by the beginning of the application of technology for the extraction of energy from waste of organic origin, which includes fuel granules. Pellet production capacities in Ukraine vary greatly by type of raw material: wood, straw, husk, peat, bulrush, oilcake, alfalfa, charcoal, rice, flour processing waste, corn, lignin, hydrolysis resins and the like.

Determined that it is better for the production of pellets suitable such organic waste: wood chips, sawdust, shavings, straw, sunflower husks, bagasse, alfalfa, waste from the processing of flour, corn, lignin, cane etc. In the combustion process of pellets is too much ash and noxious gases, and emits 15 times less CO₂ than burning natural gas. Besides, pellets are relatively inexpensive and low smoke emit enough heat. Found that all indicators of fuel pellets made from reed, absolutely not inferior to the peat, and pellets of pressed straw. Moreover, during the combustion of pellets from cane is less release of sulfur and carbon dioxide, which has a positive impact on the environment. This type of fuel of plant origin odourless, and can be used as a natural adsorbent. The main advantages of making fuel pellets from cane-sugar mass. The article shows the possibility of obtaining fuels from organic wastes of plant origin, namely cane in the form of granules in the laboratory. Utilization of cane mass will reduce the anthropogenic load on the environment, due to the transfer of her waste categories in the category of fuel. The high content of lignin in the reeds is important because it acts as both astringent and an energy component. Organic mass cane is an additional source of energy, and reinforcing material of pellet fuel. Received by analogy the fuel is characterized by a calorific value of 18,000 kJ / kg, ash content of about 5-8%, humidity of 6-10% and a bulk density of 1.1-1.12 g / cm³.

Key words – granulation, waste of vegetable origin, reeds, pellets, biofuels.



УДК [631.312.021:634]

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-22

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗПУШУВАЧА ПЛУГА ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ САДЖАНЦІВ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР

Матковський О. І., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-4188-6277

Саньков С. М., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-4404-2213

Кольцов М. П., к.с.-г.н.

ORCID: 0000-0002-4177-6134

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного**e-mail: oleksandr.matkovskiy@tsatu.edu.ua*

Постановка проблеми. Викопування і вибирання саджанців плодкових культур належить до енергоємних і трудомістких процесів. Викопувальні плуги дозволяють механізувати операцію викопування, розпушення ґрунтової скиби з саджанцями, а подальше вибирання саджанців виконується вручну, при цьому не забезпечуються умови праці робітників за показниками важкості трудового процесу. Це потребує визначення параметрів робочих органів викопувального плуга, які впливають на розпушення скиби ґрунту з садженцем і величину зусилля на витягування їх робітниками після підкопування, що забезпечують якість отриманої продукції і зменшують затрати енергії на процес викопування посадкового матеріалу [1-6].

Аналіз остаточних досліджень. Удосконалення засобів механізації для викопування саджанців плодкових культур [7] потребує адаптованих технічних засобів до інноваційних ресурсощадних технологій вирощування саджанців плодкових культур [8-11].

Для застосування способу відновлення насаджень великомірними саджанцями пропонується машина для викопування таких саджанців з комом ґрунту [12-14]. Робочим органом машини є гідрофікована викопувальна скоба. Плануванням багатофакторного експерименту встановлено збільшення тиску робочої рідини при підвищенні твердості і вологості ґрунту. В роботі [15] наведено результати визначення виду і параметрів напрямної поверхні розпушувача викопувального плуга саджанців плодкових культур за якими встановлено, що найменше значення роботи рухомої сили на переміщення ґрунтової скиби по розпушувачу досягається на лінійчатій поверхні, яка має напрямну у вигляді плоскої опуклої кривої.

В розглянутих дослідженнях залишається не вирішеним забезпечення нормативних умов праці робітників за показниками важкості трудового процесу на вибірки підкопаних саджанців та якості посадкового матеріалу.



Формулювання цілей статті. Забезпечення умов праці робітників за показниками важкості трудового процесу на вибірки саджанців та показників якості саджанців завдяки визначення оптимальних параметрів розпушувача робочого органу викопувального плуга для достатнього руйнування зв'язків ґрунту з кореннями саджанців.

Основна частина. Для вибору факторів оптимізації розглянемо склад керованих факторів, серед яких: технологічні, конструктивні і кінематичні. Вони впливають на умови праці робітників при вибиранні саджанців та забезпечують їх якість. До технологічних факторів відносимо: глибину викопування саджанців, ширину захвату робочого органу, технологічну швидкість агрегату. Конструктивні фактори такі: довжина розпушувача, довжина важеля, відстань між розпушниками, величина ексцентриситету, кут нахилу розпушників до горизонту. Не керовані фактори такі як тип ґрунту, його фізичні (об'ємна маса ґрунту, вологість) та технологічні властивості (твердість, кут зовнішнього тертя), враховано при визначенні умов проведення експерименту. В якості критерію оптимізації параметрів розпушувача прийнято зусилля на витягування саджанців робітниками з розпушеного ґрунту під час вибірки з одночасним забезпеченням якості саджанців за показниками технічних вимог.

Для проведення досліджень з визначення конструктивних параметрів розпушувача виготовлено робочий орган, який був встановлений на раму плуга ВПН - 2 (рис. 1).

На раму 12 викопувального плуга ВПН - 2 встановлена стійка 2 з башмаком 4, на якій закріплена викопувальна скоба 3. З башмаком шарнірно зв'язана траверса 5, на якій встановлені розпушники 6 з можливістю переміщуватися в горизонтальній площині. До траверси нерухомо приєднано важіль 7, який шарнірно з'єднано з регулювальною тягою 8.

Регулювальна тяга приєднана до ексцентрикового механізму 10, який встановлено на приводний вал 11. Приводний вал за допомогою ланцюгової муфти приєднано до редуктора, який передає крутний момент від ВВП трактора. Викопувальний плуг працює у такий спосіб. Під час руху викопувального агрегату скоба відділяє ґрунтову скибу з саджанцями від ґрунтового масиву поля та подає її на розпушувач. При переміщенні ґрунтової скиби до денної поверхні поля відбувається відділення ґрунту, який проходить в щілини між прутковими розпушниками. Далі розпушений ґрунт з саджанцями сходять з розпушувача і потрапляють на поверхню борозни утвореної після викопування.

3 з 12

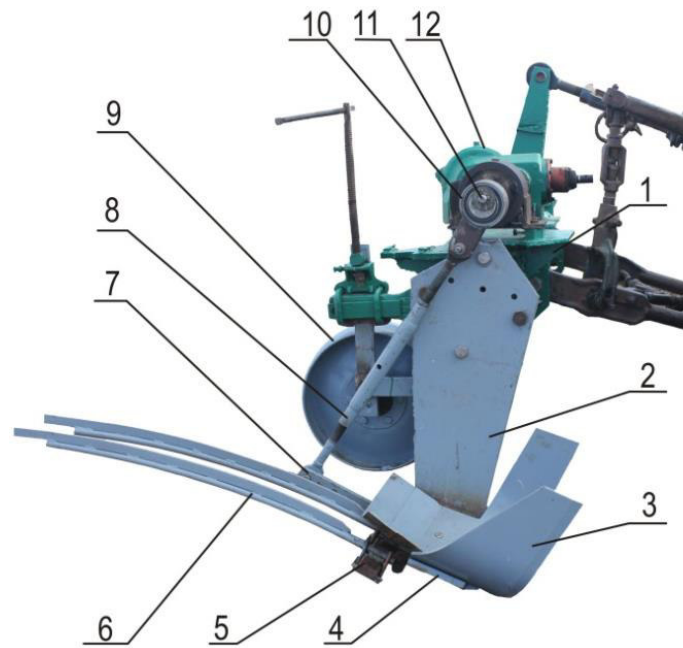


Рис. 1. Експериментальний зразок робочого органу на рамі плуга ВПН–2:

- 1 – рама; 2 – стояк; 3 – викопувальна скоба; 4 – башмак;
5 – траверса; 6 – розпушувач; 7 – важіль; 8 – регулювальна тяга;
9 – опорне колесо; 10 – ексцентриковий механізм;
11 – приводний вал 12 – редуктор.

Робочий орган має такі регулювання: зміну кута встановлення поверхні розпушувача до горизонту в залежності від глибини підкопування; зміну відстані між розпушниками; зміну величини амплітуди коливань розпушувача в залежності в довжини важеля.

Дослідження проведено в розсаднику ТОВ «Блексі фрукт компанії» Мелітопольського району Запорізької області з використанням методу математичного планування експерименту при викопуванні саджанців яблуні сорту Ред Чиф і Бребурн в умовах чорнозему південного суглинкового, вологість якого дорівнювала 19,6 %, твердість – 1,5 МПа, щільність – 1,2 г / см³.

Для визначення зусилля (y) на витягування саджанців з ґрунту передбачено варіювання трьома факторами на верхньому (+) і нижньому (–) рівнях та визначення математичної моделі першого і другого порядків. В експерименті варіюванню підлягали такі фактори:

- кут нахилу розпушувача до горизонту (фактор X_1);
- довжина важеля (фактор X_2);
- відстань між розпушниками (фактор X_3).

Значення рівнів та інтервалів варіювання факторів наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Рівні та інтервали варіювання факторів

Рівні варіювання	Найменування факторів		
	кут нахилу розпушувача (X ₁) α _p , град	довжина важеля (X ₂) l, м	відстань між розпушниками (X ₃) b ₁ , м
Нульовий	30	0,375	0,11
Нижній	25	0,3	0,08
Верхній	35	0,45	0,14
Інтервал варіювання	5	0,075	0,03

На першій стадії планування експерименту було отримано модель, яка має вигляд

$$y = 72,83 - 0,1x_1 + 64,44x_2 - 416,67x_3 + 1,33x_1x_2 + 444,44x_2x_3 \quad (1)$$

Описати область оптимуму лінійними рівняннями регресії (1) не можливо з причини значущості ефектів взаємодії факторів і ефектів. Тому визначення точок оптимуму будемо шукати за допомогою поліному другого порядку наступного виду

$$\tilde{y} = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 \quad (1)$$

Для знаходження коефіцієнтів рівняння (1) потрібні плани, в яких кожен фактор приймає би три різних значення. Але повний факторний експеримент типу 3ⁿ містить надлишкове число спроб у порівнянні з кількістю шуканих коефіцієнтів рівняння регресії.

Скоротити число дослідів можливо за допомогою центрального композиційного плану, який складається з трьох блоків: точки повного факторного експерименту типу 2ⁿ; «зіркові» точки (плану типу «хреста») 2n; нульові (центральні) точки m₀. Загальна кількість спроб в матриці композиційного плану для n факторів складе

$$N = 2^n + 2n + m_0. \quad (2)$$

На підставі проведених досліджень отримано рівняння регресії для визначення зусилля на витягування саджанців з ґрунту, яке має вигляд

$$y = 284,51 - 9,73x_1 + 430,47x_2 - 87,07x_3 + 388,89x_2x_3 + 0,15x_1^2 + 619,56x_2^2 - 1396,67x_3^2. \quad (3)$$

Таким чином, згідно проведеного експерименту, для прогнозу зусилля на витягування саджанців з ґрунту можливе використання отриманої моделі.

Для визначення точок оптимуму, отримане рівняння (3) диференціюємо по кожному фактору та прирівнюємо до нуля для рішення системи рівнянь

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_1} = 0,3x_1 - 9,73 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} = 1239,12x_2 + 388,89x_3 - 430,47 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} = 388,89x_2 - 2793,34x_3 - 87,07 = 0 \end{cases} \quad (4)$$

За рішенням системи рівнянь (4) оптимальним значенням зусилля на витягування саджанців з ґрунту є $y = 49$ Н при значеннях факторів: $X_1 = 32^\circ$, $X_2 = 0,42$ м, $X_3 = 0,1$ м.

Для графічного представлення функції відгуку зафіксовано значення по кожному фактору на нульовому рівні і представлено на рис. 2 - 4.

При кодовому позначені $z_1 = 0$ рівняння моделі має вигляд

$$y_1 = 126,7 - 430,47x_2 - 87,07x_3 + 388,89x_2x_3 - 58,489x_2^2 - 1396,67x_3^2 \quad (5)$$

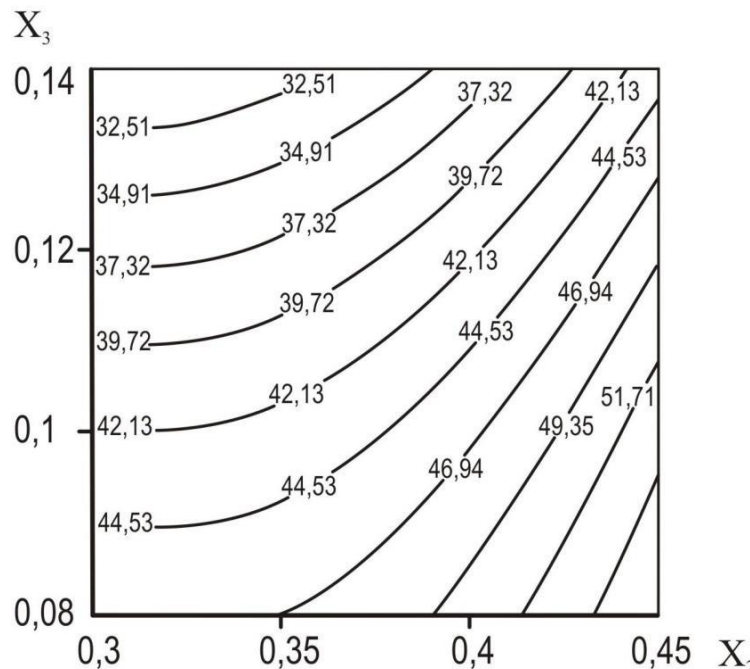


Рис. 2. Поверхня та лінії рівнів функції відгуку при фіксованому $X_1=30^\circ$.

При кодовому позначені $z_2 = 0$ рівняння моделі має вигляд

$$y_2 = 210,4 - 9,73x_1 + 60,71x_3 + 0,15x_1^2 - 1396,67x_3^2 \quad (6)$$

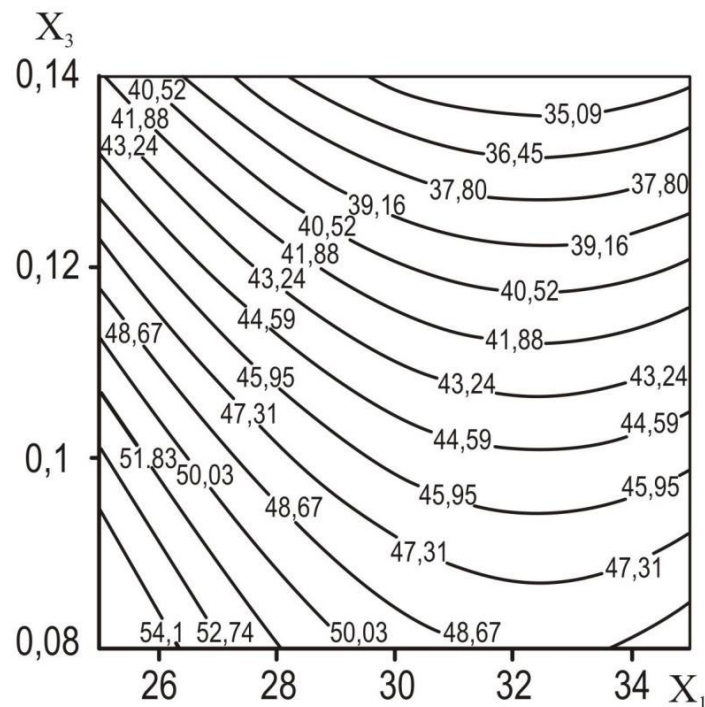


Рис. 3. Поверхня та лінії рівнів функції відгуку при $X_2 = 0,375$ м.
При кодовому позначені $z_3 = 0$ рівняння моделі має вигляд
 $y_3 = 268,6 - 9,73x_1 - 399,36x_2 - 1,11x_1x_2 + 619,56x_2^2 + 0,15x_1^2$. (7)

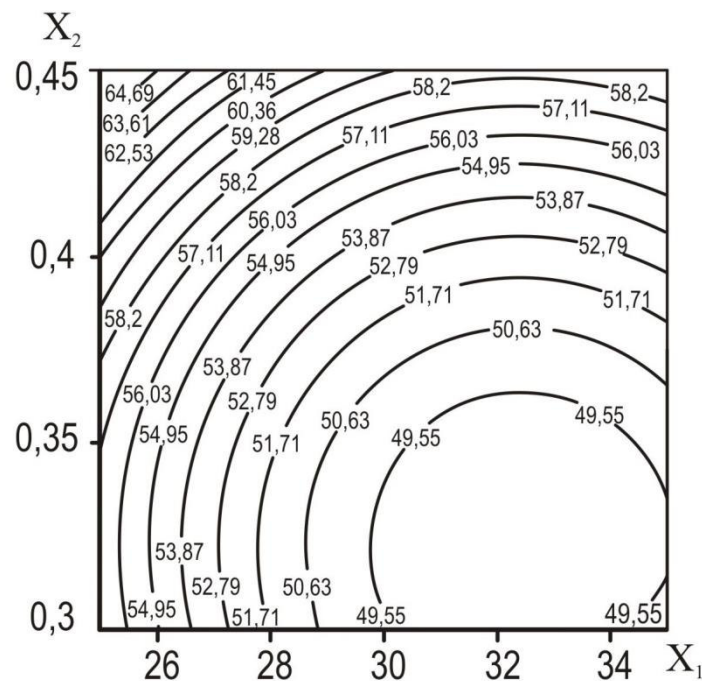


Рис. 4. Поверхня та лінії рівнів функції відгуку при фіксованому $X_3 = 0,11$ м.

Залежність зусилля на витягування саджанців у від розглянутих факторів представлена на рис. 5 - 7.

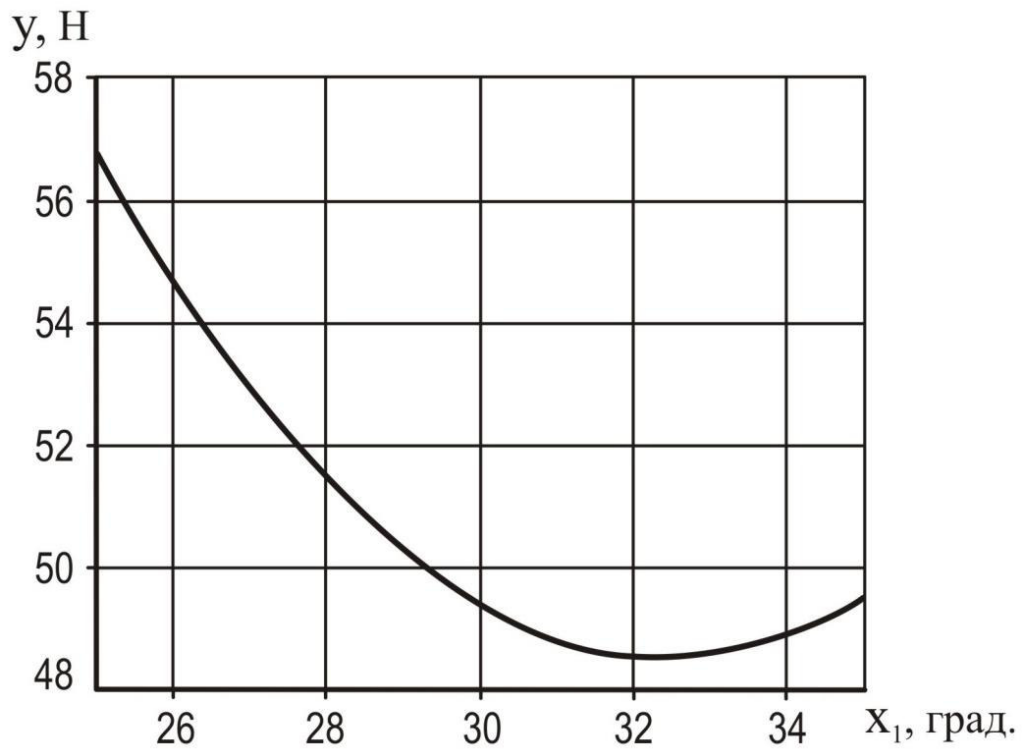


Рис. 5. Залежність зусилля на витягування саджанців від куту нахилу розпушувача (фактор X_1).

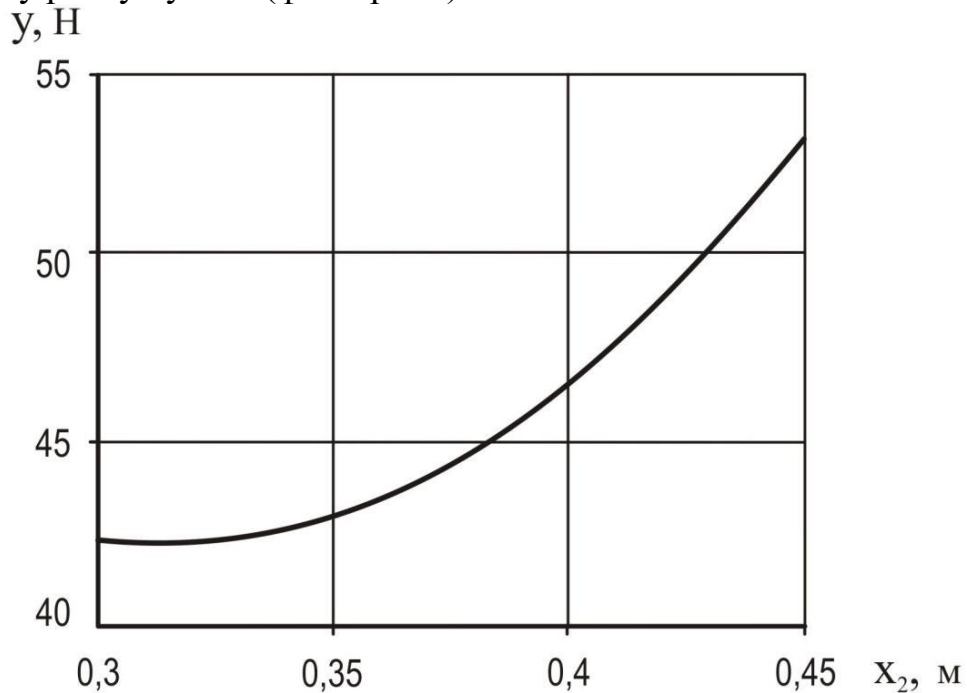


Рис. 6. Залежність зусилля на витягування саджанців від довжини важеля розпушувача (фактор X_2).

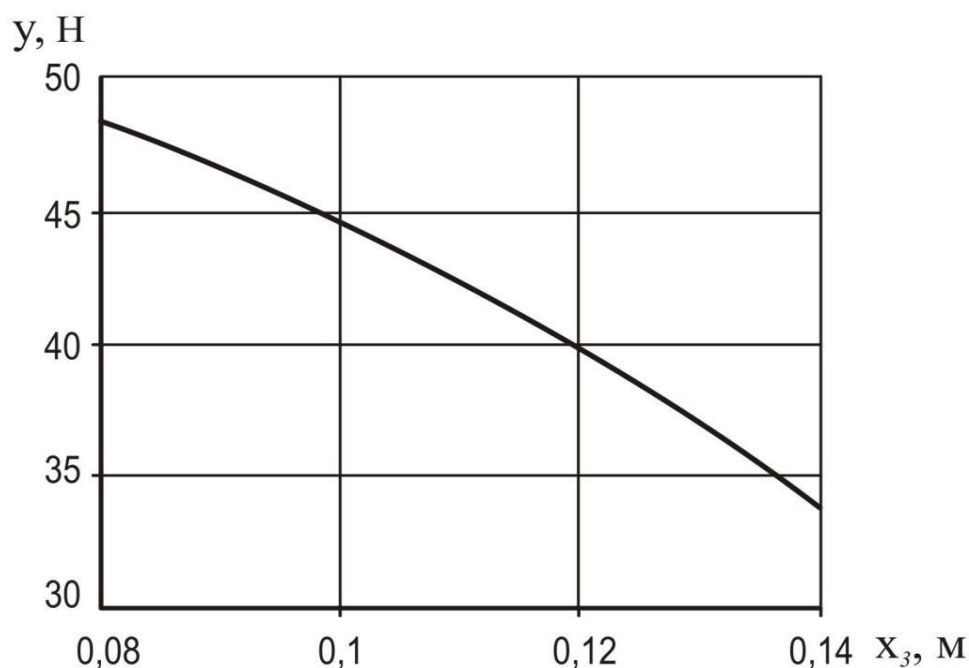


Рис. 7. Залежність зусилля на витягування саджанців від відстані між розпушниками (фактор X_3).

За результатами проведених експериментальних досліджень було встановлено, що при зусиллі 49 Н на витягування саджанців з ґрунту робітниками досягалося збереження кореневої системи саджанців, а саме довжина коренів перевищувало нормативне значення в середньому на 8,2 см (рис. 8).

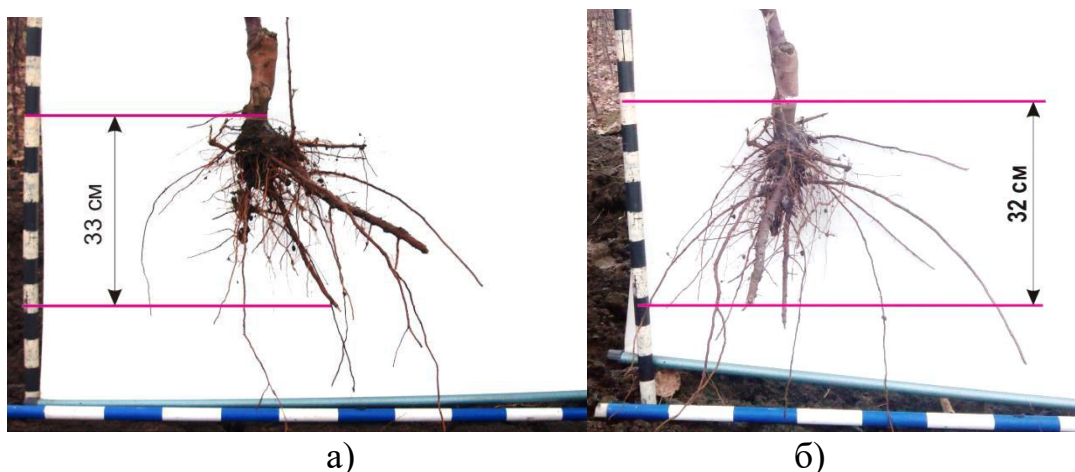


Рис. 8. Параметр оцінювання якості кореневої системи довжина кореневої системи саджанців яблуні сортів: а) Бребурн; б) Ред Чиф.

Висновки. На підставі сукупності розглянутих факторів впливу на зусилля витягування саджанців з підкопаного ґрунту встановлено, що



найбільш значущими факторами є кут нахилу до горизонту поверхні розпушувача, довжина важеля та відстань між розпушниками в горизонтальній площині.

Встановлено залежності впливу обраних факторів на зусилля витягування саджанців з ґрунту. Визначено, що:

- при куті нахилу поверхні розпушувача до горизонту 32° зусилля досягає найменшого значення, а потім зростає;
- при збільшенні довжини важеля зусилля зростає;
- при збільшенні відстані між розпушниками розпушувача зусилля зменшується.

Встановлено, що зусилля на витягування саджанців робітниками з ґрунту досягає 49 Н при таких параметрах розпушувача:

- кут нахилу поверхні розпушувача до горизонту $\alpha_p = 32^\circ$;
- довжина важеля $l = 0,42$ м;
- відстань між розпушниками в горизонтальній площині $b_1 = 0,1$ м.

За результатами вимірювань і обчислення середнього значення отримана довжина кореневої системи саджанця, яка більша на 8,2 см порівняно до технічних вимог на саджанці.

Список використаних джерел

1. Zabolotko O. O. Performance indicators of farm equipment. *Kramar Readings : Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference*. 2017. P. 155-158.
2. Boltyanska N. Ways to Improve Structures Gear Pelleting Presses. *TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. 2018. Vol. 18. No 2. P. 23-29.
3. Kalinichenko D., Rogovskii I. Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. *TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. 2017. Vol.17(3). P. 103–114.
4. Boltyansky B., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol.16, No.2. P. 49-54.
5. Skliar O., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *Motrol: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. Vol. 16, No 2. P. 183-188.
6. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»: Наказ Міністерства охорони



здоров'я України від 27.12.01 № 528. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14> (дата звернення: 23.04.2020).

7. Самусь В. А., Соболев А. В. Система сельскохозяйственных машин и орудий для механизации работ в плодоводстве республики Беларусь. *Вестник Мичуринского ГАУ*. 2012. №3. С. 174-177.

8. Машины для механизации работ в садоводстве: каталог техники / В. В. Бычков и др.; под общ. ред. И.М. Куликова. Москва, 2005. 82 с.

9. Бычков В. В., Кадыкало Г. И, Успенский И. А. Ресурсосберегающие технологии и технические средства для механизации садоводства. *Садоводство и виноградарство*. 2009. № 6. С. 38–42.

10. Завражнов А., Ланцев В., Егоров Д. Ресурсосберегающие машинные технологии для интенсивного садоводства. *Инновационные технологии производства, хранения и переработки плодов и ягод: материалы науч.-практ. конф.*, (г. Мичуринск, 6 сент. 2009 г.) Мичуринск, 2009. С. 155–160.

11. Караев А., Матковский А. Моделирование перемещения почвенного пласта с саженцем по активному рабочему органу выкопчного плуга. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Мелітополь. 2015. Вип. 3. С. 201–210.

12. Дручинин Д., Дорняк О. Р., Драпалюк М. В. Математическая модель взаимодействия рабочего органа выкопчной машины с почвой и корнями растений. *Электронный журнал КубГАУ*. 2011. № 68(04). URL : <http://ej.kubagro.ru/2011/04/pdf/13.pdf> (дата звернення 25.04.20).

13. Дручинин Д. Механизация перспективного способа выкопки крупномерных саженцев с комом почвы. *Вестник Красноярского ГАУ*. Красноярск, 2011. С. 132–135.

14. Дручинин Д. Оптимизация процесса выкопки саженцев с комом почвы выкопчной машиной на основе многофакторного эксперимента. *Современные проблемы науки и образования*. 2012. №1. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5511> (дата звернення: 24.04.2020).

15. Караев А., Матковский, А., Кольцов, Н., Рубцов, Н. (2020). Моделирование формы поверхности рыхлителя выкопчного плуга саженцев плодовых культур. *Современные проблемы моделирования*, (16), 128-139. URL: <https://doi.org/10.33842/2313-125X/2019/16/128/139> (дата звернення 14.04.2020).



ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ ПЛУГА ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ САДЖАНЦІВ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР Матковський О.І., Саньков С.М., Кольцов М.П.

Анотація

Наведено результати визначення оптимальних параметрів розпушувача робочого органу викопувального плуга. Робочий орган викопувального плуга складається з таких конструктивних елементів: стояку, викопувальної скоби, розпушувача з розпушниками.

З розгляду попередніх досліджень потребують вирішення забезпечення умов праці робітників за показниками важкості трудового процесу на вибірці саджанців та підвищення якості посадкового матеріалу.

Отримано рівняння регресії для визначення впливу кута нахилу розпушувача до горизонту, довжини важеля, відстані між розпушниками на зусилля витягування робітниками саджанців.

Встановлено, що на зусилля витягування саджанців робітниками з ґрунту досягає 49 Н при таких параметрах розпушувача: кута нахилу поверхні розпушувача до горизонту $\alpha_p = 32^0$; довжини важеля $l = 0,42$ м; відстані між розпушниками в горизонтальній площині $b_1 = 0,1$ м. За обчисленням середнього значення отримана довжина кореневої системи саджанців перевищувала нормативні технічні вимоги (25 см) на 8,2 см.

Ключові слова: плодовий саджанець, викопувальний плуг, розпушувач, рівняння регресії, зусилля витягування саджанців, параметр, якість саджанців.

ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА ПЛУГА ДЛЯ ВЫКАПЫВАНИЯ САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР Матковский О.И., Саньков С.М., Кольцов М.П.

Аннотация

Приведены результаты определения оптимальных параметров разрыхлителя рабочего органа викопувальных плуга. Рабочий орган викопувальных плуга состоит из следующих конструктивных элементов: стойки, викопочной скобы, разрыхлителя с прутками.

Из анализа предыдущих исследований требуют решения обеспечения условий труда рабочих по показателям тяжести трудового процесса на выборки саженцев и повышения качества посадочного материала.

Получены уравнение регрессии для определения влияния угла наклона разрыхлителя к горизонту, длины рычага, расстояния между разпушниками на усилия вытягивания рабочими саженцев.

Установлено, что усилия на вытягивания саженцев рабочими из почвы достигает 49 Н при таких параметрах разрыхлителя: угол наклона поверхности разрыхлителя к горизонту $\alpha_p = 32^0$; длина рычага $l = 0,42$ м; расстояние между разпушниками в горизонтальной плоскости $b_1 = 0,1$ м. Среднее значения длины корневой системы саженца превышала норму технических требований (25 см) на 8,2 см.

Ключевые слова: плодовый сажанець, викопочный плуг, рыхлитель, уравнение регрессии, усилия вытягивания, параметр, качество саженцев.



OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF THE WORKING BODY OF THE PLOW FOR DIGGING SEEDLINGS OF FRUIT CROPS

Matkovsky O.I., Sankov S.M., Koltsov M.P.

Summary

The results of determining the optimal parameters of the working body of a digging plow are presented. The working body of the digging plow consists of the following structural elements: riser, digging staples, baking powder from ripper. The composition of the elements of the actuators that provide the workflow includes: lever, shoe, traverse, control rod, eccentric mechanism.

Previous studies examined the improvement of mechanization tools for digging seedlings of fruit crops by creating resource-saving technologies for growing seedlings

The influence on the efforts of pulling seedlings from the soil of such parameters of the baking powder: the angle of inclination of the baking powder to the horizon, the length of the lever, the distance between ripper.

As a criterion for optimizing the parameters of the baking powder, efforts were made to draw seedlings by workers from the loosened soil during their sampling while ensuring the quality of the seedlings according to technical requirements. Mathematical planning of a full factorial experiment was carried out to determine the influence of the tilting angle of the baking powder to the horizon, the length of the lever, the distance between the ripper on the pulling efforts of the seedlings by workers. The regression equations are obtained to determine the effort for the workers to pull out seedlings from the loosened soil.

It is established that the most significant factors are the angle of inclination to the horizon of the surface of the baking powder, the length of the lever and the distance between ripper in the horizontal plane. efforts to pull seedlings by workers from the soil reaches 49 N with the following baking powder parameters: the angle of inclination of the baking powder surface to the horizon $\alpha_p = 32^{\circ}$; lever length $l = 0,42$ m; the distance between ripper in the horizontal plane is $b_1 = 0.1$ m. According to the calculation of the average value, the obtained length of the root system of the seedling exceeded the norm of technical requirements (25 sm) by 8,2 sm.

Key words: seedlings, digging plow, ripper, regression equation, pulling force parameters, quality seedlings.



УДК 620.1

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-23

АЛЬТЕРНАТИВНИЙ СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ

Паніна В. В.¹, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-9623-516X

Чорна Т. С.¹, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-1439-9636

¹Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного.

e-mail: valerija.panina@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. В процесі експлуатації тракторів і автомобілів за двигунами ведеться постійний контроль, ретельне обслуговування, їм приділяється максимум уваги, та все ж вони виходять з ладу першими з агрегатів. Це пояснюється тим, що деталі двигуна схильні до активної хімічної і механічної дії і навантажені значними зусиллями [1-5].

Технологія відновлення циліндрів і гільз в основному залежить від їх конструкції. Для виявлення зносу, гільзу циліндра (або циліндр) вимірюють індикаторним нутроміром в двох взаємно перпендикулярних площинах на відстані 15-30 мм від верхньої кромки і посередині, а після визначають ремонтний розмір, під який необхідно розточити циліндр. Ризки, задирання й руйнування кавітацією виявляють візуально. Окрім цього, застосовують спеціалізовані пристрої для контролю конструктивних розмірів гільз і твердості внутрішньої поверхні [6,7].

За результатами дефектування деталей розібраних машин, чи їхніх агрегатів і вузлів – значна частина деталей, маючи вибракувальні дефекти, тобто такі, які виправити неможливо при умові задовільного і безпечного, тобто надійного виконання деталями своїх функцій, не може бути повторно поставлена для подальшої роботи внаслідок спрацювання робочих поверхонь деталей більше допустимих значень [8,9].

Такі деталі можуть бути відновлені, тобто оброблені таким чином, що вони зможуть надалі надійно виконувати свої функції. Сам термін відновлення говорить про те, що зношені деталі після певної обробки можуть стати такими, чи майже такими як нові, чи виконувати свої функції так, чи майже так, як нові. Це є величезним резервом в економічній сфері, в США існує 500 підприємств, які займаються відновленням зношених вузлів і окремих деталей [10].



Аналіз останніх досліджень. Для нормальної роботи машин, їх агрегатів, вузлів і сполучень важливе значення мають умови роботи; макрогеометрія поверхонь.

Виходячи із критерію забезпечення заданих зазорів чи натягів, слід розрізнити такі три основні методи відновлення деталей [11]:

1 – відновлення зношених поверхонь деталей обробкою до ремонтних розмірів;

2 – відновлення зношених поверхонь деталей до номінальних розмірів із дотриманням всіх вимог до поверхонь;

3 – відновлення зношених поверхонь деталей до номінальних розмірів без дотримання всіх вимог до поверхонь, наприклад, цілісності поверхонь.

Кожний з методів включає цілу низку різних способів: механічна обробка до ремонтного розміру; постановка додаткових деталей; зварювання; наплавлення; нанесення газотермічних покриттів або металізація; гальванічне покриття; полімерне покриття; пластичне деформування; паяння; електрофізичні способи; хіміко-термічні способи.

Виявлено ряд методів ремонту зношених гільз, основними з яких є: розточування спрацьованої робочої поверхні з наступним хонінгуванням або сумісним процесом розточування та поверхневого платинування деформування до ремонтного розміру поршня та поршневих кілець; дугове наплавлення спрацьованої робочої поверхні або індуктивне наплавлення порошковою шихтою з наступною механічною обробкою під розмір за креслеником; встановлення сталевий стрічки; хромування або усталення робочої поверхні гільзи циліндра та інші [12].

Формулювання цілей статті. Провести аналіз та визначити альтернативні способи відновлення гільз циліндрів

Основна частина. Для вирішення відновлення гільз пропонується фрикційне латунювання. Фрикційне латунювання менш затратне та шкідливе для навколишнього середовища в порівнянні з фосфатуванням, обробкою перегрітою парою, азотуванням, гальванічним нанесенням покриття з міді і ін. [13].

Суть методу: нарощування фрикційним методом (перенесення латуні на поверхню деталі, що обробляється під впливом сил тертя) внутрішньої поверхні гільзи, притирання обмежується довжиною робочого переміщення поршня в його робочій орієнтації. При цьому поверхню тертя необхідно змащувати спеціальною рідиною або гліцерином, щоб за допомогою латунного прутка (інструмента) отримувати латунне покриття на сталевій поверхні гільзи. Для того, щоб шар латуні, що наноситься, був суцільним і рівним, поверхня деталі не повинна мати окисних і масляних плівок, а матеріал латуні

потрібно пластифікувати поверхнево-активною речовиною в процесі нанесення покриття. Тиск при терті повинен забезпечувати повне прилягання поверхні латунного прутка до поверхні деталі. За таких умов перенесення матеріалу латунного прутка на деталь відбувається суцільним шаром, що складається з дуже дрібних часток, добре зчеплених як із сталеву (або чавунною) поверхнею, так і між собою [14]. Переваги цього методу, що при пересуванні поршня по поверхні гільзи, латунь розповсюджується по всій поверхні гільзи між нижньою та верхньою мертвими точками. За рахунок цього пересування утворюється антрифрикційна плівка на робочій поверхні гільзи. До переваг також можливо віднести: безпечність довкілля; низькі витрати матеріалу у порівнянні з іншими методами; якість покриттів; економічна ефективність при невеликій серійності деталей [15].

Для визначення впливу фрикційного латунювання на протизадірну стійкість деталей, що труться, необхідно застосовувати машину тертя МІ-1М. Машина тертя призначена для випробування зразків конструкційних матеріалів на стійкість, зношування з змащенням і без нього [16]. Розміри зразків: діаметр роликів 30-50 мм з шириною 10 мм, були випробуванні зразки зі сталі 38Х2МЮА з азотуванням робочої поверхні, і із сталі з наплавленням поверхні тертя сплавом У30Х28Н4С4 з притисканням до роликів діаметром 50 мм. Обробку зразків обробляли до шорсткості $R_a = 0,16$ мкм і покривали шаром латуні Л62. В парі з алюмінієвими роликами здійснювалось змащення, а з хромовими роликами – насухо. Навантаження проводили поступово, а те навантаження при якому виникали задири вважали граничним (табл.1).

Таблиця 1

Результати визначення граничного навантаження

Матеріал зразка	Граничне навантаження до задиру, МПа	
	Пара з сплавом АК-4	Пара з пористим хромом
Сталь 38Х2МЮА азотована	1,13	0,66
Сталь 38Х2МЮА азотована і латуньована	1,97	3,79
Сплав У30Х28Н4С4	1,87	1,22
Сплав У30Х28Н4С4 латуньований	2,99	2,75

Завдяки випробуванням було виявлено, що для сталевих зразків краще за все підходить латунь при використанні методу. При

фрикційному латунюванні можливо досягнення зниження зносу на 40% у змащених парах тертя із сталі і чавуну; зменшення схильності до схоплювання; підвищення продуктивності. Також метод можливо використовувати в процесі припрацювання деталей тертя.

Сфери застосування: деталі циліндричної і плоскої форми; пари тертя із сталі та чавуну; для підвищення рівня втоми деталей із сталі або чавуну; при високій схильності поверхні до схоплювання і невеликого абразивного руйнування зони тертя; в цілях запобігання окисленню поверхонь при терті.

Дослідженнями [17] було виявлено, що фрикційне абразивне оброблення не піддаються хромовані деталі, покриті нікелем і виготовлені з алюмінієвих сплавів і деяких інших металів і сплавів, тому що окисні плівки яких володіють високими механічними властивостями або здатністю миттєво відновлюватися після руйнування. Не піддаються методу і сталеві поверхні з оксидними, фосфатними або будь-якими іншими плівками.

Для застосування методу фрикційного латунювання були вивчені роботи [8-11] та визначене пристосування, яке найбільш раціонально при відновленні гільз циліндрів (рис. 1).

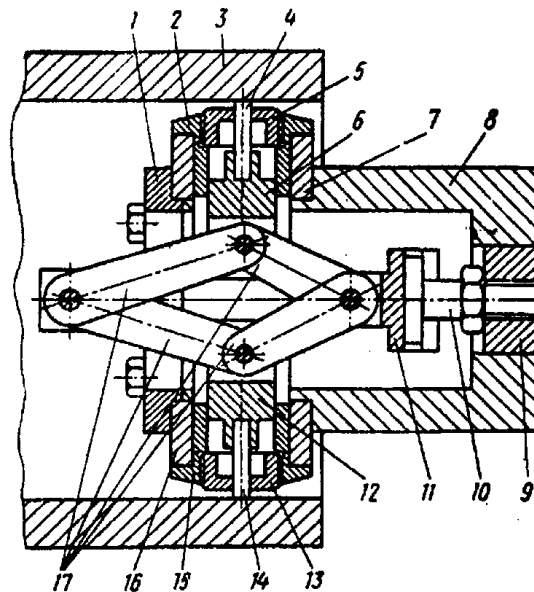


Рис. 1. Схема пристосування для фрикційного латунювання гільзи циліндрів:

1- кришка; 2 і 15 - направляюча втулка; 3 – оброблювальна поверхня; 4 і 14 – прутки; 5 і 13 – гайка; 6 і 12 – рухливий шток; 7 і 16 – стакан; 8 – голівка; 9 – підпружинена тяга; 10 – болт; 11- вилка; 17 – важелі.

Стакани 7, 16 з голівкою 8 розташовані в різних направляючих втулках 2, 15 по яким пересуваються два рухливі штоки 6, 12. Система



важелів 17 під дією тяги 9 передає зусилля на штоки та встановленні в них прутки 4, 14 притискаються до поверхні оброблення 3.

В даному пристосуванні можливе самовстановлення прутків латуні в процесі роботи. Щоб ввести нові прутки в гільзу, після заміни відпрацьованих, необхідно віджати спеціальною гайкою підпружинену тягу 9, внаслідок чого, штоки 6, 12 зрушуються до центру [9]. В ході випробовувань вдалося визначити, що коефіцієнт сухого тертя ковзання чавунних зразків та латуні дорівнює 0,3, що вище ніж з міддю (0,29) та бронзою (0,22).

Висновки. Матеріал фрикційного покриття латунь Л62, робоча рідина – дві частини технічного гліцерина та одна частина 10%-го розчину соляної кислоти. Швидкість обробки 0,5...0,6 м/с, подача 0,22 мм/об.

Список використаних джерел.

1. Zabolotko O. O. Performance indicators of farm equipment. *Kramar Readings : Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference.* 2017. P. 155-158.

2. Boltyanskaya N. I. The development of the pig industry and the competitiveness of its products. *MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa.* 2012. Vol. 14, No 3. P. 164-175.

3. Авдеев М. В. Технология ремонта машин и оборудования. Москва : Агропромиздат, 1986. 247 с., ил.

4. Boltyanska N. Ways to Improve Structures Gear Pelleting Presses. *ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering.* 2018. Vol. 18. No 2. P. 23-29.

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

6. Skliar O., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *Motrol: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa.* Vol. 16, No 2. P. 183-188.

7. Техническое обслуживание и ремонт машин в с/х: учеб. пособие / В. И. Черноиванов и др. Москва-Челябинск : ГОСНИТИ-ЧГАУ, 2003. 992 с.

8. Компанієць Д. О., Паніна В. В. Аналіз типових технологій відновлення гільз циліндрів. *Збірник наукових праць магістрантів та студентів.* Мелітополь : ТДАТУ, 2017.

9. Гончаров Н. И., Бобырь М. М., Гончаров А. Н. Технология восстановления и упрочнения деталей машин. Краснодар : КГАУ, 2000. 243 с.



10. Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и безызносность): учебник. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Издательство МСХА , 2001. 616 с., ил.
11. Гаркунов Д. Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин): учебник. 5-е изд., перераб. и доп. Москва : Издательство МСХА, 2002. 632 с., ил.
12. Паніна В. В., Дашивець Г. І. Підвищення зносостійкості гільз циліндрів двигунів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2014. Вип. 4, т. 1. С.115-120.
13. Kalinichenko D., Rogovskii I. Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. *ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. 2017. Vol.17(3). P. 103–114.
14. Меркулов Е., Гомзяков Б. Пластическое деформирование гильз. *Автомобильный транспорт*. 1980. №9. С. 16-17.
15. Паніна В. В., Дашивець Г. І. Спосіб відновлення гільз циліндрів з використанням ФАБО. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2015. Вип. 5, т.1. С. 52-57.
16. Jex R. M. Owners Workshop Manual step-by-step maintenance and repair. VW Polo Petrol & Diesel Service & Repair Manual: 2002 to 2005. Ashgate Publishing, Ltd., 2007. 344 стор.
17. Sliding surface technologies. *MSI Motor Service International: Reconditioning of Aluminium Engines*. P. 21-30.

АЛЬТЕРНАТИВНИЙ СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ

В. В. Паніна, Т. С. Чорна

Анотація

В сільських господарствах необхідно здійснювати велику кількість робіт з відновлення деталей власними силами з метою збереження енергетичних та матеріальних ресурсів. Існуючі нині способи відновлення внутрішньої поверхні гільз циліндрів не знаходять широкого застосування в ремонтній практиці через недосконалість та складність технологічного процесу та недостатньої довговічності відновлених деталей, високої трудомісткості, дорожнечі та ряду інших причин. Це призводить до того, що менш як 10% від загальної кількості гільз циліндрів, які ремонтуються, повторно використовуються. Внаслідок цього відбувається не виправдано висока витрата дорогих запасних частин, значна витрата металу. В статті проаналізовані існуючі методи та запропоновано ресурсозберігаючий спосіб відновлення внутрішньої поверхні гільзи циліндра. Дослідження доводять, що сформоване покриття зменшує напруження в матеріалі деталей та зношування під час експлуатації. Для здійснення цього метода підібрано устаткування.

Ключові слова: латунювання, фрикційна абразивна обробка, відновлення, гільза, пристосування, ресурсозберігаючий спосіб, економічність, припрацювання.



АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ

В. В. Панина, Т. С. Черная

Аннотация

В сельских хозяйствах необходимо осуществлять большое количество работ по восстановлению деталей собственными силами с целью сохранения энергетических и материальных ресурсов. Существующие в настоящее время способы восстановления внутренней поверхности гильз цилиндров не находят широкого применения в ремонтной практике из-за несовершенства и сложности технологического процесса, недостаточной долговечности восстановленных деталей, высокой трудоемкости, дороговизны и ряда других причин. Это приводит к тому, что менее 10% из общего количества восстановленных гильз цилиндров используются повторно. Вследствие этого происходит неоправданно высокая затрата дорогих запасных частей, значительная затрата металла. В статье проанализированы существующие методы и предложен ресурсосберегающий способ восстановления внутренней поверхности гильзы цилиндра. Исследования доказывают, что сформированное покрытие уменьшает напряжение в материале деталей и изнашивания во время эксплуатации. Для осуществления этого метода подобрано оборудование.

Ключевые слова: латунирование, фрикционная абразивная обработка, восстановление, гильза, приспособление, ресурсосберегающий способ, экономичность, приработка.

RENEWAL OF SHELLS OF CYLINDERS

V. Panina, T. Chorna

Summary

In agricultures it is necessary to carry out plenty of works from proceeding in details own forces with the aim of maintenance of power and material resources. The existing presently methods of proceeding in the internal surface of shells of cylinders do not find wide application in repair practice from imperfection and complication of technological process and insufficient longevity of the renewed details, high labour intensiveness and costliness and row of other reasons. It results in a volume, that less 10% from the general amount of shells of cylinders, that is repaired used repeatedly. Hereupon there is unjustified a high expense of expensive awaiting-parts, considerable expense of metal. In the articles analysed existent methods and запропановано saves a resource method of proceeding in the internal surface of shell of cylinder. Researches prove that the formed coverage diminishes tension in material of details and wear during exploitation. At this method maybe achievement of decline of wear on 40% in the smeared pairs of friction from steel and cast-iron; reduction to propensity is to grasping; increase of the productivity. Also a method it maybe to use in the process of grinding in details of friction. For realization of this method an equipment is neat. In this adaptation possible set of small twigs of composition-metal is in the process of work. Material of friction coverage is a composition-metal of Л62, a working liquid is two parts of technical glycerin and one part of 10% solution of muriatic acid. Speed of treatment is a 0,5...0,6 m/s c, serve a 0,22 mm/t.

Keywords are composition-metal, friction abrasive treatment, renewal, shell, adaptation, saves a resource method, economy, grinding in.



УДК 656.13:665.75

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-24

АНАЛІЗ ЕВОЛЮЦІЇ ДИЗАЙНУ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПАЛИВOROЗДАВАЛЬНИХ КОЛОНОК КОМПАНІЇ ТОКНЕІМ

Коваль Я. В.¹, к.т.н., інженер

Сера К. М.², к.т.н., доцент

ORCID: 0000-0002-9543-2278

¹ДП «Укрметртестстандарт»

²Національний університет біоресурсів та природокористування
України

e-mail: syera@nubip.edu.ua

Постановка проблеми. З появою автомобілів, оснащених двигунами внутрішнього згоряння, постало питання де і як здійснювати їх заправлення паливом. Процес заправки транспортних засобів паливом потребує устаткування та обладнання для обліку, які дозволяють чітко визначати дозу відпущеного палива. Для забезпечення швидкого і зручного процесу заправки існують паливороздавальні колонки різних видів і типів [1,2].

Аналіз останніх досліджень. Перші моделі паливороздавальних колонок являли собою механічний насос з ручним приводом. Пізніше привод насосів почали здійснювати за допомогою електродвигунів. Вдосконалення вимірювачів об'єму та систем управління дозволило значно зменшити затрати праці водія та оператора під час заправки. Сьогодні водію достатньо лише вставити заправний пістолет в паливний бак. Система сама відпустить паливо, визначить його кількість, вирахує вартість, проведе розрахунок шляхом списання коштів з рахунку, без застосування готівки чи банківських карток. Водій лише спостерігає за процесом. Але незважаючи на максимально повну автоматизацію всіх процесів, паливороздавальні колонки та системи і далі продовжують вдосконалюватись. Постійно з'являються і впроваджуються нові ідеї та технології. Процес заправки стає все більш швидким, безпечним і зручним [3-5].

Формулювання цілей статті. Метою роботи є комплексний аналіз еволюції дизайну та функціональних можливостей паливороздавальних колонок на прикладі компанії Tokheim для виявлення подальших тенденцій розвитку устаткування.

Основна частина. Найпростішим з технічної точки зору для подачі палива є використання звичайного насосу рис. 1 [6]. Але такий варіант організації процесу заправки можливий лише в тому випадку,

коли за відпущене паливо не потрібно розраховуватись, або форма розрахунків така, що не передбачає визначати кількість палива яке було відпущено.



Рис. 1. Насос для палива



Рис. 2. Вигляд першої ПРК

З часом для вимірювання відпущеної дози палива почали використовуватись паливороздавальні колонки рис 2.

В даній колонці, паливо за допомогою ручного насосу, подавалось до прозорого циліндра з мірною шкалою. Після наповнення циліндра до заданої мітки, подальше накачування припинялось. Потім відкривався кран, через який відміряна доза палива самопливом зливалась з мірного циліндра. В даному випадку паливо зливалось у відро або іншу ємність для подальшого заливання до паливного баку. При такій організації процесу заправки, завжди відбувались втрати палива через проливання та розбризкування. Паливо ж забруднювалось через потрапляння до нього пилу і бруду, а за несприятливих погодних умов – вологи у вигляді дощу та снігу. Додаткове переливання палива в паливний бак за допомогою відра, вимагало додаткових зусиль та витрат часу.

Для вирішення пов'язаних з цим питань компанія ТОКНЕІМ запропонувала паливороздавальну колонку з гнучким шлангом та металевим наконечником для вставляння в заливну горловину паливного баку рис. 3 [6].

Щоб паливо яке знаходиться в паливному шлангу, під час виймання останнього з паливного баку та фіксації його на колонці, не виливалось та не розбризкувалось, було запропоновано використовувати заправний пістолет рис. 4. В ньому вихід зі шланга закривався за допомогою клапана, що захищав від розливання і

протікання палива, яке заповнювало шланг. Це дозволило як прискорити процес заправки так і уникати втрат палива та не допускати забруднення всього на що потрапляли бризки.



Рис. 3.
Паливороздавальна
колонка з гнучким
шлангом



Рис. 4. Паливороздавальна
колонка з гнучким шлангом і
заправним пістолетом

Використання мірного циліндра робило процес відпуску палива досить тривалим – потрібно було заповнити циліндр паливом, визначити за поділками шкали його кількість, після чого злити в бак. Якщо об'єм палива, що відпускалось перевищував об'єм циліндра, то наповнювати і зливати циліндр доводилось декілька разів за одну заправку. Це робило час заправки ще тривалішим. Вірогідність помилок при цьому зростала, адже заправник для визначення кількості відпущеного палива мав провести кілька послідовних вимірювань, а потім підсумувати їхні результати.

Після того, як компанія ТОКНЕІМ почала виготовляти механічні лічильники об'єму палива, замість колонок з мірним циліндром почали конструювати паливо роздавальні колонки з циферблатом, на якому показувалась кількість відпущеного палива рис. 5 [7,8].



Рис. 5. Циферблат
годинникового типу для
індикації дози палива



Рис. 6. Рядне розміщення
цифр для представлення
дози палива

Спершу такі колонки мали циферблат з нанесеними по колу цифрами. Стрілка розміщувалась по центру. Потім цифри почали наносити на поверхню барабанів, які обертаючись системою зубчатих коліщаток показували необхідне числове значення. Замість циферблату годинникового типу, колонки отримали табло на якому цифри розміщувались в стрічку (рис. 6).

З часом замість механічних барабанів з цифрами, нанесеними на поверхню, почав застосовуватись рідкокристалічний дисплей. Паливороздавальна колонка почала показувати на екрані не лише кількість відпущеного палива в одиницях об'єму, а і його ціну в грошових одиницях за літр та вартість відпущеної дози. В більшості випадків, така подача інформації збереглась і до сьогодні рис. 7.

З часом з'явилися моделі які окрім виведення інформації про дозу палива на табло, за допомогою механічного пристрою друкували чек, без участі оператора рис. 8. Водій отримавши дозу палива, міг взяти на колонці чек, який використовувати для подальших оплат і розрахунків.



Рис. 7. Представлення об'єму і вартості дози палива на рідкокристалічному дисплеї



Рис. 8. Друк чека на колонці

Для пришвидшення процесу заправки, та зручності водія, компанія Tokheim почала встановлювати на паливороздавальні колонки приймачі купюр. Це дозволило водію проводити розрахунок за відпущене паливо одразу на колонці, не відходячи від автомобіля рис. 9, більше не було потреби йти від колонки до каси через усю автозаправну станцію [9,10].



Рис. 9. Колонки з приймачем купюр для самостійного розрахунку за паливо

Моделі колонок, що стоять на автозаправних станціях сьогодні, приймають для оплати банківські картки, друкують чеки в

автоматичному режимі і дозволяють розраховуватись за допомогою мобільних додатків на власному смартфоні, рис. 10 [11].



Рис. 10. Безготівкова оплата палива

Перші паливороздавальні колонки мали не надто великі площі поверхонь, і їх вистачало лише для нанесення логотипів заправної станції рис. 11.



Рис. 11. Логотипи на перших паливороздавальних колонках

Зі збільшенням площі поверхонь паливороздавальних колонок на них з'явилась можливість розміщувати не лише торговий бренд, а і рекламні зображення. Наступним кроком стало розміщення на колонці не лише написів і зображень, а і вітрини зі зразками продукції. Водії помітивши необхідну річ або товар, отримали змогу їх купівлі, одразу на колонці рис. 12.

Варто відзначити паливороздавальні колонки, які зустрічаються в обмеженій кількості країн і дозволяють отримувати бензин потрібної марки одразу на заправній станції. В таких колонках передбачена можливість подавати насосами бензини марок Normal та Regular і шляхом їх змішування отримувати всі інші марки.

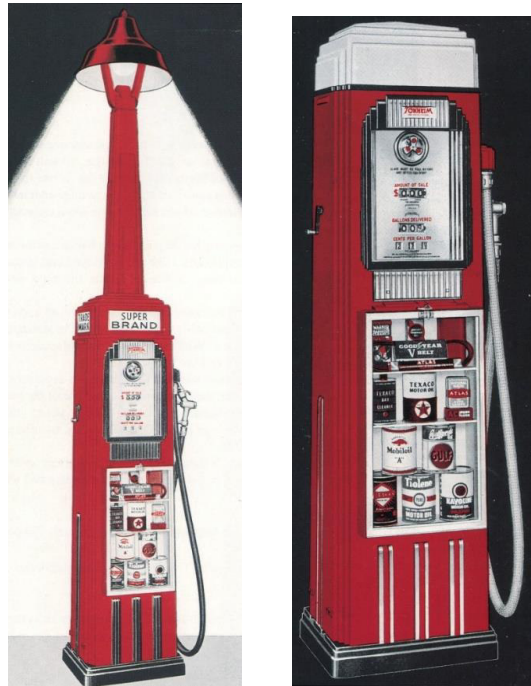


Рис. 12. Вітрина з автотоварами розміщена на паливороздавальній колонці

Висновки. Паливороздавальні колонки пройшли довгий шлях розвитку перш ніж отримати сучасний вигляд. Сучасна паливороздавальна колонка – це складна система, яка дозволяє зробити процес заправки автомобіля максимально комфортним і зручним, забезпечуючи при цьому максимум надійності та безпеки. Станом на сьогодні автозаправний комплекс – це таке місце, де можна не лише заправити автомобіль паливом, а і отримати ті чи інші послуги або придбати різноманітні товари. Подальший розвиток відбувається із появою і впровадженням нових ідей та технологій. Тенденція удосконалення спрямована зробити процес заправки більш швидким, безпечним і зручним.

Список використаних джерел.

1. Pumps reels meters controls: Tokheim Industrial catalog. Fort Wayne: Tokheim Corporation, 1966. p.80.

2. Tokheim: catalog. Fort Wayne: Tokheim Corporation, 1969. 80 p.

3. Henderson W., Benjamin S. Guide to GAS PUMP Restoration: 2 Ed. Krause Publ, 2011. 280 p.

4. Бешун О. А. Сучасні та перспективні екологічні стандарти для дизелів лісо-і сільськогосподарських мобільних машин та технології, які дозволяють їх виконати. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2012. № 2, т. 5. С. 113-123.

5. Бондарь В. А., Зоря Е. И., Цагарели Д. В. Операции с нефтепродуктами: Автозаправочные станции. Москва: ООО Паритет Граф, 2000. 343 с.



6. Ткачук В. В. Оцінка якості світлих нафтопродуктів. *Товари і ринки*. 2014. № 1. С. 131-138.
7. Волгушев А. Н., Сафонов А. С., Ушаков А. И. Автозаправочные станции. Оборудование. Эксплуатация. С.Пб.: ДНК, 2001. 176 с.
8. Безбородов Ю. Н., Петров О. Н., Сокольников А. Н., Фельдман А. Л. Технологическое оборудование для АЗС и нефтебаз. В 2 ч.: учеб. пособие. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. Ч. 2 Оборудование для хранения, приема и выдачи нефтепродуктов на нефтебазах и АЗС. 172 с.
9. Шалай В. В. Проектирование и эксплуатация нефтебаз и АЗС : учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. 296 с.
10. Иванов А. И., Дмитриева Т. В. Макаренко О. А. Становление и развитие автозаправочных станций. *Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья*. 2014. №4. С. 33-39.
11. Tokheim. History: веб-сайт. URL.: <https://tokheim.com/ru/about-us/history/> (дата звернення 02.05.2020)

АНАЛІЗ ЕВОЛЮЦІЇ ДИЗАЙНУ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПАЛИВOROЗДАВАЛЬНИХ КОЛОНOK КОМПАНІЇ ТОКНЕІМ

Коваль Я. В., Сіра О. М.

Анотація

У статті представлені дослідження і аналіз еволюції паливороздавальних колонок на прикладі компанії Tokheim. Процес заправки транспортних засобів паливом вимагає обладнання для обліку, яке дозволяє чітко визначати дозу відпущеного палива. Удосконалення вимірників обсягу і систем управління дозволило значно зменшити витрати праці водія і оператора під час заправки. Сьогодні водієві достатньо лише вставити заправний пістолет в бак. Система сама відпустить паливо, визначить його кількість, вирахує вартість, проведе розрахунок шляхом списання коштів з рахунку, без застосування готівки або банківських карток. Водій лише спостерігає за процесом. Незважаючи на максимально повну автоматизацію всіх процесів, паливороздавальні колонки і системи і далі продовжують удосконалюватися. Постійно з'являються і впроваджуються нові ідеї та технології. Процес заправки стає все швидшим, безпечним і зручним.

Ключові слова: паливороздавальні колонки, відпуск нафтопродуктів, облік, заправка автомобілів, паливний бак, доза палива.

АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ ДИЗАЙНУ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ВОЗМОЖНОСТЯМ ТОПЛИВОРАЗДАТОЧНЫХ КОЛОНOK КОМПАНИИ ТОКНЕИМ

Коваль Я. В., Серая Е. М.

Аннотация

В статье представлены исследования и анализ эволюции топливораздаточных колонок на примере компании Tokheim. Процесс заправки транспортных средств топливом требует оборудования для учета, которое позволяет четко определять дозу отпущенного топлива. Совершенствование



измерителей объема и систем управления позволило значительно уменьшить затраты труда водителя и оператора во время заправки. Сегодня водителю достаточно лишь вставить заправочный пистолет в бак. Система сама отпустит топливо, определит его количество, вычислит стоимость, проведет расчет путем списания средств со счета, без применения наличных или банковских карточек. Водитель лишь наблюдает за процессом. Несмотря на максимально полную автоматизацию всех процессов, топливораздаточные колонки и системы и дальше продолжают совершенствоваться. Постоянно появляются и внедряются новые идеи и технологии. Процесс заправки становится все более быстрым, безопасным и удобным.

Ключевые слова: топливораздаточные колонки, отпуск нефтепродуктов, учет, заправка автомобилей, топливный бак, доза топлива.

EVOLUTION ANALYSIS OF DESIGN AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF TOKHEIM FUEL DISPENSERS

Koval Ya., Siera K.

Summary

This paper presents historical investigation and analysis to evolution of fuel dispensing equipment produced by Tokheim Company within the last hundred years. This company is a leading manufacturer of equipment for filling stations with different types and appearance on global market. Fuel dispensers have the wide range of designs in order to solve the mechanical pumping, measurement, safety, and aesthetics. The process of vehicles filling requires equipment for controlling the amount of allowed fuel. Nowadays appropriate pump model exist for fast and easy filling of different liquid fuels. The first models were mechanical pump with manual drive, there were a lot of lost because of spillage. Later on the pumps were driven by electrical motor. Improvement of measuring devices for control systems reduced the operational costs and saved time for both drivers and operators. Today filling process requires only placing the fuel nozzle into the vehicle's filling inlet. The system doses fuel automatically, accurately measure the flow and calculate the price. The next step was to place on fuel dispenser some advertising and images. Some models contained display windows for automotive products. Color-coded nozzles indicate the type of fuel required. Newer filling stations can suggest to the customer different types of service for example full service or self-service. Nevertheless fuel dispensers and filling stations are still developing to improve and implement new computer aided technologies in order to make filling process faster, safer and comfortable.

Keys words: *fuel dispenser, petrol station, filling automobiles, measuring, fuel tank, dose of fuel.*



UDC 502/504:621.436.038

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-25

INVESTIGATION OF THE WATER ADDITION INFLUENCE ON THE GASOLINE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES, ECOLOGICAL AND OPERATIONAL CHARACTERISTICS

Stepanov Dmytro¹.

ORCID 0000-0001-8000-536X

Vasylkevych Oleksandr²,

ORCID 0000-0003-0253-9926

Kofanov Oleksii²,

ORCID 0000-0003-2181-9288

¹*Graz University of Technology*²*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

e-mail: stepa200628@gmail.com

Introduction. Intensive development of the energy sector, industry and transport are inevitably connected with the growth of hydrocarbon fuel consumption. As a result, it increases the amount of exhaust gases emitted into the atmosphere. Toxicity of the exhaust gases mainly depends on the quality and type of burned fuel, conditions of the combustion process, technical conditions of engines etc.

According to the expert assessments, cars, ships and rail transport with internal combustion engines (ICE) are among the main sources of environmental pollution [1–4]. Thus, all activities aimed at improving the quality of hydrocarbon fuel properties reduce the concentration of toxic substances in exhaust gases and, consequently, reduce the negative impact on the environment [5,6].

The purpose of the research is to check the expediency of using water additives to gasoline; develop effective additional components of emulsifiers-stabilizers for obtaining colloidal phase-stabilized water–gasoline systems, as well as to determine the impact of water concentration (content) on physicochemical, environmental and operational properties of such modified fuels.

Literature review and problem statement. The idea of using different additives and even ordinary water to improve the performance of ICE is very perspective [7–10]. Water can be an agent that improves the process of fuel combustion, and, as a consequence, technical, economic and environmental performance of the gasoline [11,12]. The result of improved combustibility directly depends on the concentration and condition of the water in the fuel [13].

The analysis of scientific investigations has confirmed the existence of opportunities to improve the quality, environmental, and operational



properties of gasoline by water addition. For example, conversion of a water-fuel mixture into an emulsion system can provide such technical and economic advantages [7,12,14]:

- reduction of the thermal load on the engine;
- increase of the engine stability and efficiency;
- reduction of the fuel consumption;
- increase of the octane number of gasoline;
- reduction of the concentration of nitrogen oxides and carbon monoxide in the exhaust gases;
- increase of the efficiency of cooling of the air-fuel mixture in supercharged engines and during working in high mountain conditions;
- water makes it possible to use water-soluble antiknock additives that are not soluble in gasoline hydrocarbons.

Methods and main results of the experiment. A lot of scientists attempted to insert some water into gasoline [9,12,14,15]. However, it is still not possible to obtain sufficiently stable water-fuel mixtures. This is because water and gasoline hydrocarbons are very different in polarity. Water is a polar substance, and gasoline is a mixture of non-polar hydrocarbons. So, it is extremely difficult to mixture them with a homogeneous system formation, considering the fact that fuels are used in different operating conditions of the car (ambient temperature, humidity, atmospheric pressure and at sharp fluctuations of these indicators). Therefore, to keep water in gasoline, it is necessary to apply a different approach.

One of the possible approaches to achieve positive results may be to use an effective individual substance or mixture with a certain hydrophilic-lipophile balance (HLB) in order to obtain a stable colloidal system. But currently, this problem is not solved.

Increasing of the stability of water-fuel emulsions, as well as selection of effective complex emulsifiers requires further research. Moreover, not enough attention was paid to the effect of water concentration on physico-chemical and operational properties of fuels. Especially it is relevant for the fuels with high water concentrations (1 % vol.–10 % vol.), due to the difficulties with stabilization of a mixture.

In terms of the research a mixture of surface-active substances (surfactants) and auxiliary components was developed. The composition of the developed emulsifier-stabilizer consists of a set of non-ionogenic and ionogenic surfactants, high-molecular alcohols and activating additives. This complex emulsifier allows to hold quite significant amount of water in the fuel. The obtained fuel composition is a microemulsion – a stable isotropic colloidal solution of water in gasoline. The important peculiarity of this microemulsion is that there is no need to use intensive mixing.

Samples of gasoline with addition of different quantities of distilled water were prepared. These samples were analyzed in accordance with the

standard requirements of DSTU 4839-2007 'High-quality automotive gasoline. Specifications' (ASTM D4814-19a 'Standard Specification for Automotive Spark-Ignition Engine Fuel'). This standard is relevant for the high quality gasoline, which is used as a fuel for car and motorcycle engines, as well as for other types of engines.

On the basis of the abovementioned standard, the following parameters were defined: research octane number (RON), motor octane number (MON), fractional composition and density. In addition, some dependencies of physico-chemical characteristics of gasoline on water content in it have been analyzed, as well as the dependencies of the content of carbon monoxide CO, nitrogen oxides NO_x, unburned hydrocarbons CH, carbon dioxide CO₂ in the vehicle exhaust gases.

Octane numbers of the investigated gasoline were determined on the single-cylinder motor UIT-85 in accordance with GOST 511-82 (ASTM D2700-19) and GOST 8226-82 (ASTM D2699-19). The results of the octane numbers determination of fuel are represented on Fig. 1. It can be seen that the RON and MON increase monotonically. So, the largest increase in these characteristics is observed at the water content in gasoline of 4.21 – 5.00 % vol. The smallest difference between RON and MON is observed on the same water content values.

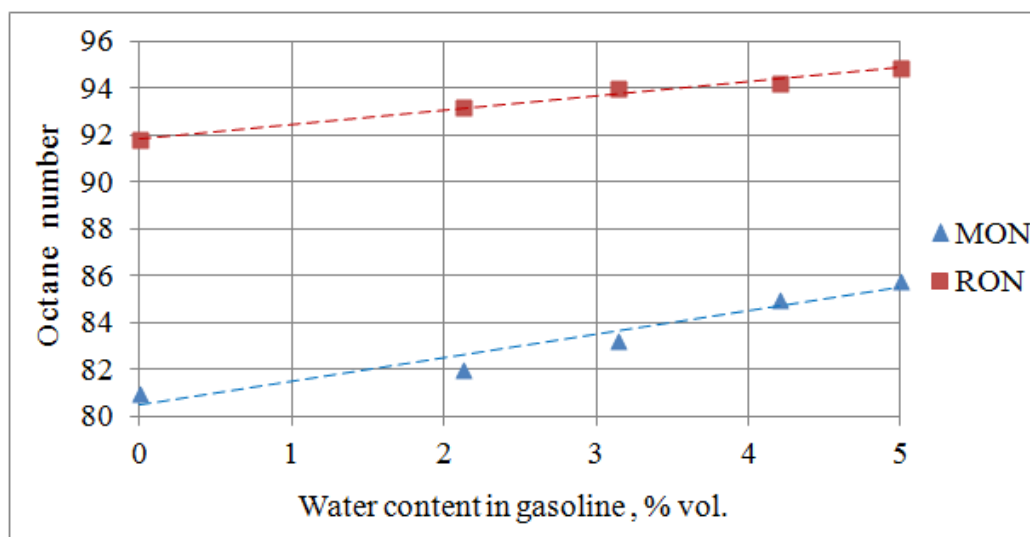


Fig. 1 Dependence of octane number on the water content in gasoline.

It is well known that conditions of gasoline testing for RON determination are softer, but its values are higher than of MON. The difference between RON and MON is called octane sensitivity (Fig. 2) which depends on chemical composition of the fuel. So, the lower is the sensitivity

of the particular gasoline type, the better will be the throttle response of the engine.

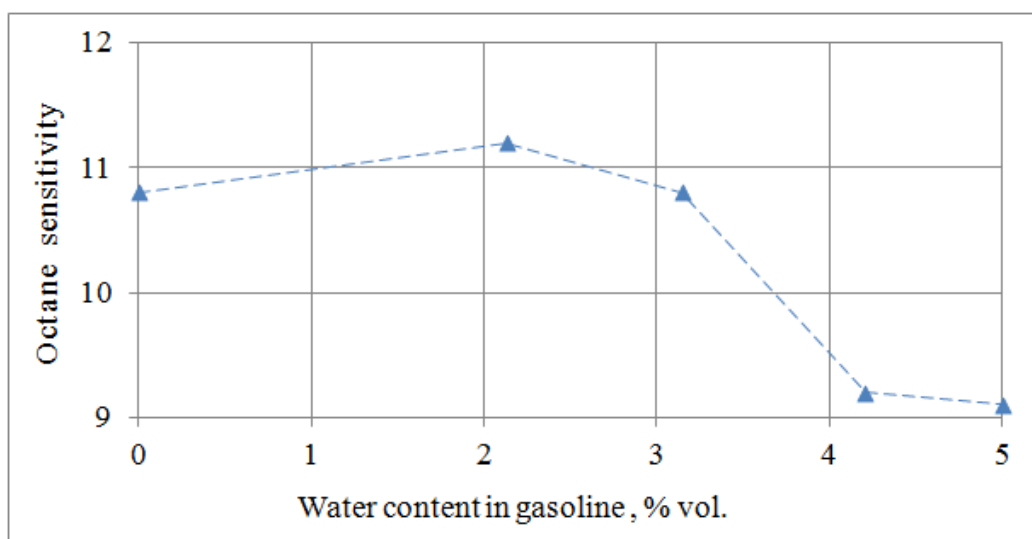


Fig. 2 Dependence of gasoline octane sensitivity on the water content.

It can be seen from Fig. 2 that the addition of 4.21 – 5.00 % vol. of water into gasoline significantly reduces the octane sensitivity and increases, respectively, operational properties of engine.

Density of gasoline-water system was investigated in accordance with the DSTU 4839-2007 (ASTM D4814-19a), Fig. 3. However, as it can be seen from the figure, the density of this fuel is slightly higher than permissible.

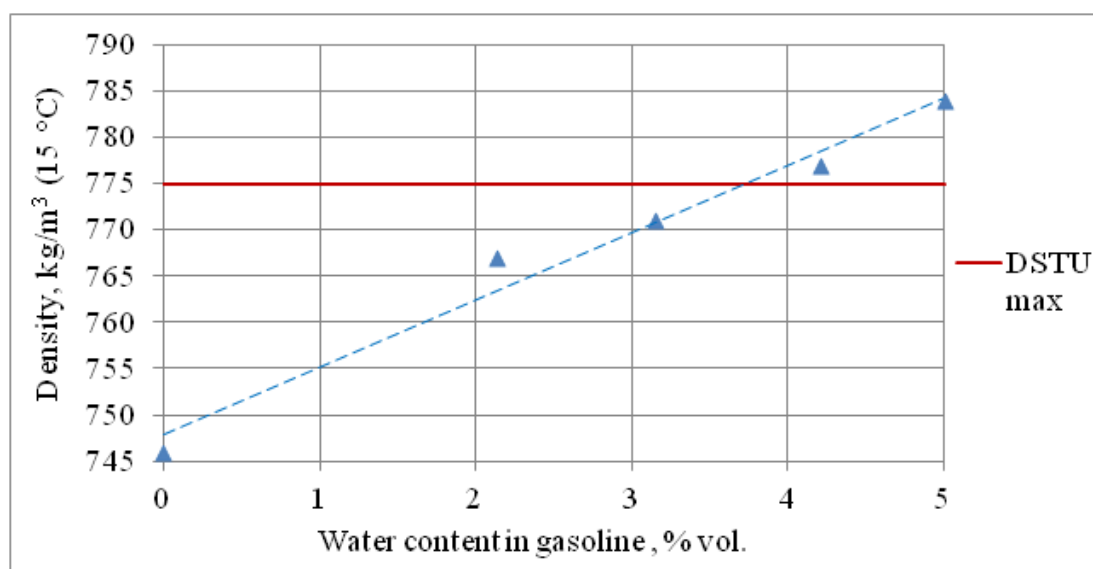


Fig. 3 Dependence of gasoline density on the water content.



Fraction composition of gasoline was determined by distillation by using a special device of ARN type according to GOST 2177-99 (ASTM D2887-19a). The experimental data of the fractional composition of gasoline-water system is represented in Table 1.

Table 1

Fractional composition of gasoline-water system

Fractional composition % / Boiling point, °C (p=1 atm)	Water content, % vol.				
	0	2.13	3.15	4.21	5.00
Initial temperature, °C	40.0	40.1	41.6	38.4	41.5
10	54.0	54.5	53.3	53.3	54.5
20	62.0	60.2	60.2	60.0	61.7
30	70.5	67.1	67.8	67.0	70.0
40	81.3	72.9	75.1	74.3	77.9
50	94.4	86.3	85.5	80.7	85.0
60	110.0	120.4	116.1	106.8	89.5
70	128.0	139.0	137.5	133.5	141.2
80	147.5	160.0	160.5	157.4	162.2
90	175.6	191.0	192.0	185.0	178.0
95	197.0	-	-	-	-

An analysis of the data in Table 1 has shown that the boiling points of individual fractions change with the addition of water which has a high heat capacity and boiling point of 100 °C. The distillation temperatures of the gasoline-water system for fractions in the range of 40 %–60 % by volume are lower than that of the pure gasoline. At the same time, starting from approximately of 60 % by volume fraction, the distillation temperatures become significantly higher.

It should be noted that the boiling points shown in Table 1 are not within the boiling range of water (100 °C, p = 1 atm). It is especially noticeable in a sample with a water content of 5 % vol. (t = 89.5 °C).

Such data indicates deep structural changes in the gasoline–water system in comparison with the base gasoline. These confirms the fact of obtaining of a stable microemulsion with micelle size of 10^{-7} – 10^{-9} m. In this case, the polar water molecules are oriented in relation to the hydrophilic parts of the surfactant molecules. It gives an opportunity to say that at the mentioned water content a deep structuring of gasoline-water system is

observed. These changes, as it is known, affect the physical and chemical properties of the emulsified fuel.

Temperatures of the environment, at which a cold start of the engine is possible (engine cold start-up temperatures) were determined with the help of the empirical formula (1) [16]. The comparison of results is presented on the Fig. 4. As we can see, the best results in the cold start-up temperatures are observed at the water content 4.21 % vol. and is -27.7°C .

$$t_s = \frac{t_{10\%}}{2} - 50.5 + \frac{t_{b.p.} - 50}{3}, \quad (1)$$

where: t_s – the temperature of the environment at which it is possible to start the engine; $t_{10\%}$ – the boiling point of 10 % fraction of fuel; $t_{b.p.}$ – boiling point.

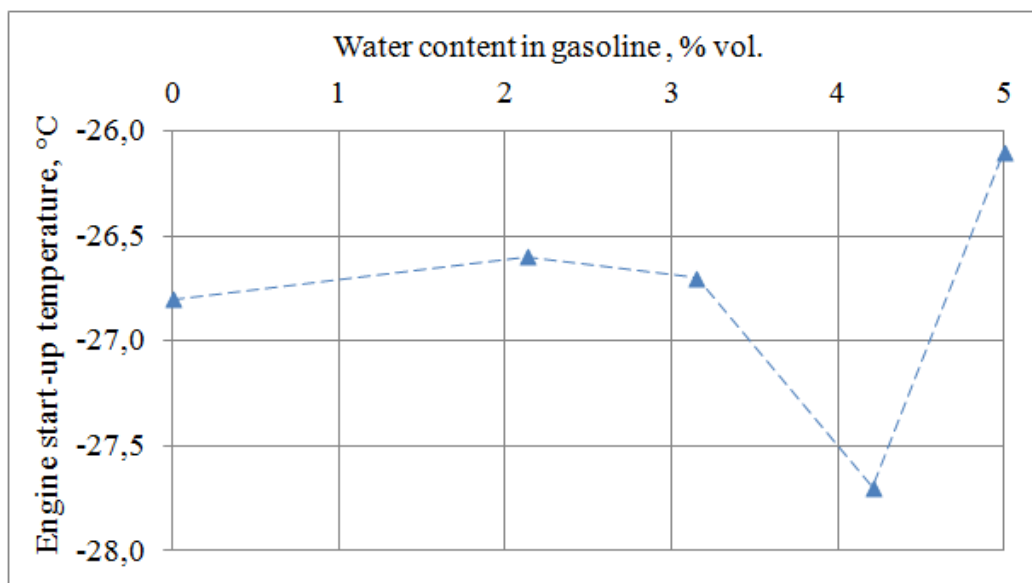


Fig. 4 Dependence of the engine cold start-up temperatures on the water content in gasoline.

Distillation temperature of 50 % fraction of gasoline characterizes the engine-heating rate, the injectivity of its operation at low revolutions per minute (RPM), as well as its throttle response (Fig. 5). So, it is assumed that the lower the temperature, the lighter and more complete is the evaporation of gasoline at low temperatures, so the engine is warmed up faster. If the distillation temperature of a 50 % gasoline fraction is high, evaporation is incomplete and at a low rate. Hence, the fuel becomes poor and it takes more time to warm up the engine. Besides, at low RPM the engine operates in an

unstable mode and its injectivity deteriorates. It can be seen that at water content of 4.21 % vol. there is a maximum reduction of a boiling point of 50 % fraction (Fig. 5).

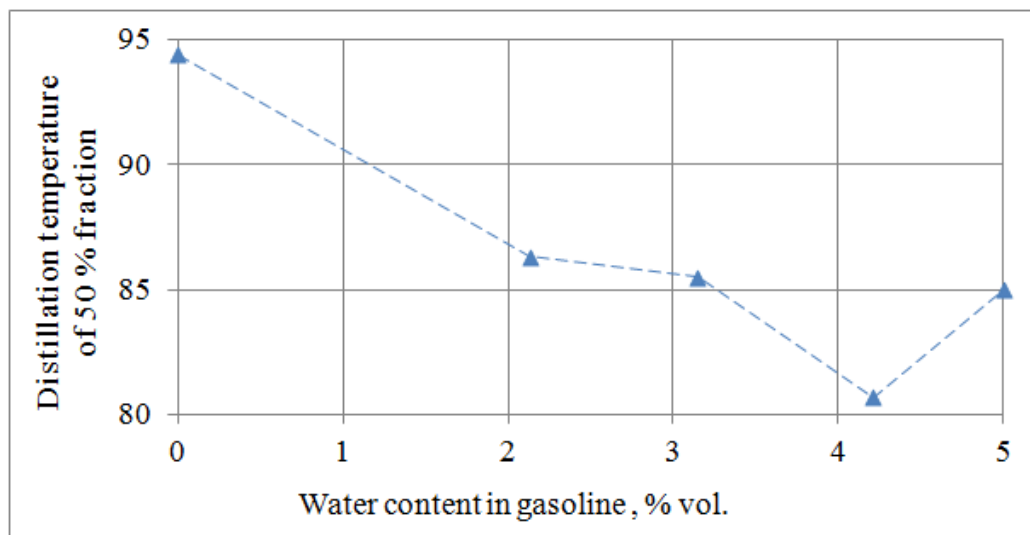


Fig. 5. Dependence of distillation temperature of 50 % fraction on the water content in gasoline.

The impact of emulsified fuel on the environmental and operational characteristics of internal combustion engine was also analyzed. The experiment was carried out on a special stand on the ZMZ-40260F engine of the Zawolzhsky Engine Factory. We used the engine with spark ignition and carburetor fuel injection system, which technical characteristics are given in Table 2.

Table 2

Technical characteristics of investigated engine

Manufacturer	Zawolzhsky Engine Factory
Year of manufacture	2006
Engine model	3M3-40260F
Cylinder diameter, mm	92
Compression ratio	8.2
Engine displacement, cm ³	2445
Maximum torque, N·m at RPM, min ⁻¹	182.4 2400–2600
Engine power, kW at RPM, min ⁻¹	73.5 4500

The purpose of this part of the experiment was to compare environmental, energy and fuel efficiency of the engine in the modes of

maximum torque and partial load. Maximum torque mode was $\text{rpm} = 2690 \text{ min}^{-1}$.

The following regulatory documents were used for the experiment:

1) DSTU UN/ECE R 24-03:2002 – to control engine thermal conditions, maximum torque and fuel consumption in accordance with the requirements of Annex 10 R24;

2) DSTU UN/ECE R 49-02:2005 – to determine environmental characteristics of the engine by following methods:

- concentration of carbon monoxide CO in exhaust gases (% vol.) was determined by infrared spectrometry;
- concentration of carbon dioxide CO₂ in exhaust gases (% vol.) was determined by infrared spectrometry;
- concentration of unburned hydrocarbons (CH) in exhaust gases, ppm, was determined by the method of flame ionization;
- nitrogen oxides (NO_x) concentration in exhaust gases, ppm, was determined by chemiluminescent method.

Environmental characteristics of the ZMZ-40260F engine operating on base gasoline and emulsified fuel (maximum torque mode) are represented at Fig. 6–9.

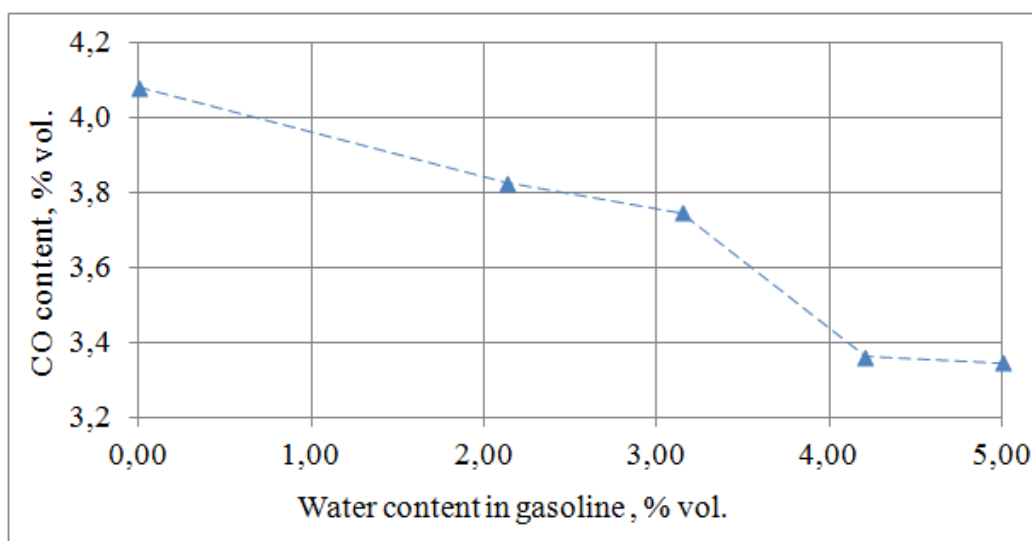


Fig. 6 Dependence of CO content in exhaust gases of ZMZ-40260F engine (maximum torque mode) on the water content in gasoline.

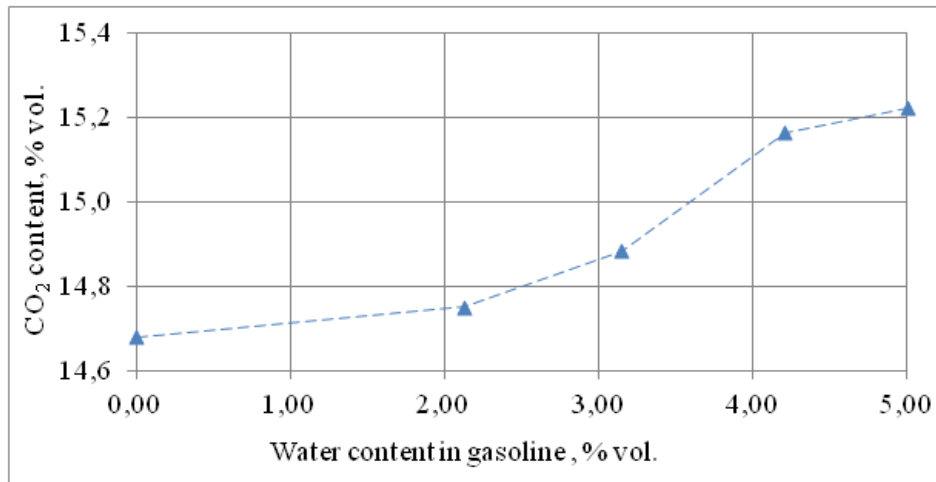


Fig. 7 Dependence of CO₂ content in exhaust gases of ZMZ-40260F engine (maximum torque mode) on the water content in gasoline.

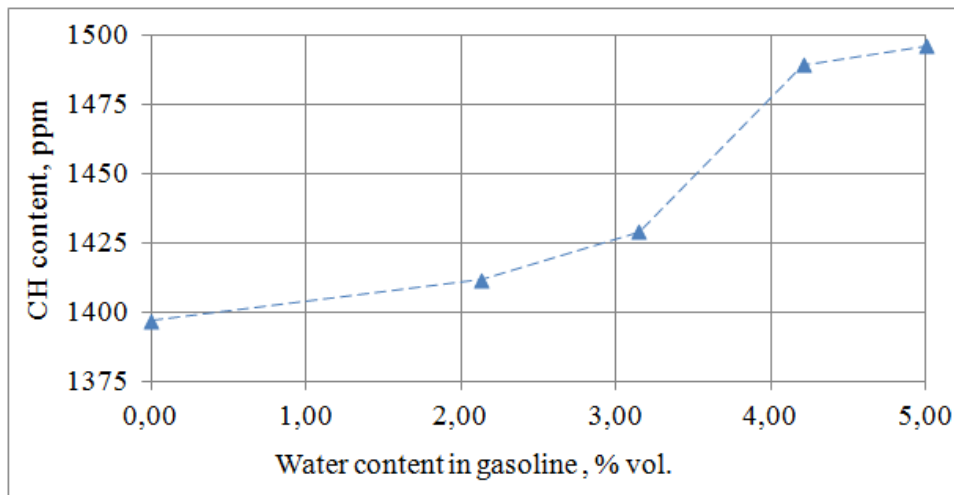


Fig. 8 Dependence of CH content in exhaust gases of ZMZ-40260F engine (maximum torque mode) on the water content in gasoline.

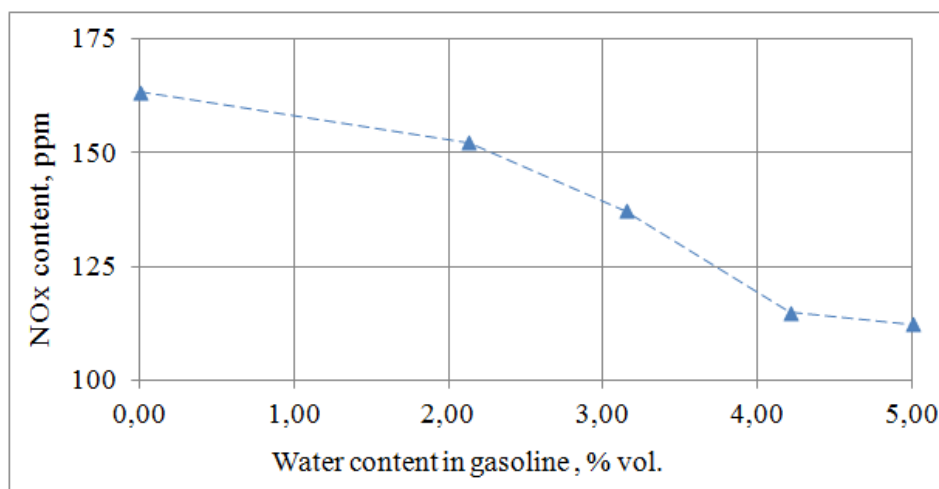


Fig. 9. Dependence of NO_x content in exhaust gases of ZMZ-40260F engine (maximum torque mode) on the water content in gasoline.

So, engine test has shown that at the maximum torque mode operating at the base gasoline and emulsified fuel (in particular, with the water content of 4.21 % vol.) the following results were achieved:

- reduction of mass fuel consumption by 1.0 %;
- reduction in specific fuel consumption by 1.4 %;
- reduction of CO concentration in exhaust gases by 17.6 %;
- increase in the concentration of CH in exhaust gases by 6.6 %;
- reduction of NO_x concentration in exhaust gases by 29.6 %;
- increase in CO₂ concentration in exhaust gases by 3.3 %.

Summary and conclusions. Thus, in the article the investigation of water additives influence on the gasoline physico-chemical properties, ecological and operational characteristics of engine was conducted. The unique composition of the emulsifier-stabilizer was developed in order to obtain stable water–gasoline systems. This complex emulsifier consists of a set of non-ionogenic and ionogenic surfactants, high-molecular alcohols and activating additives. The usage of this composition allowed to:

- increase the octane number of gasoline;
- reduce engine cold start-up temperature;
- reduce the octane sensitivity;
- significantly improve the environmental characteristics of engines – reduce concentrations of carbon monoxide CO and nitrogen oxides NO_x in exhaust gases. However, concentrations of carbon dioxide CO₂ and unburned hydrocarbons CH were not reduced.

Water additives highly emulsified in gasoline by the help of surface-active substances (surfactants) both ionogenic and non-ionogenic can improve the process of fuel combustion and reduce mass fuel consumption (water content is 4.21 % vol.) by 1.0 %; specific fuel consumption – by 1.4 %; CO concentration in exhaust gases – by 17.6 %; NO_x concentration – by 29.6 %. By the time, water additives of 4.21 % vol. to gasoline lightly increase fuel density and cause the increasing in the concentration of CH in exhaust gases by 6.6 %; in CO₂ concentration – by 3.3 %.

References

1. Aikawa K., Sakurai T., Jetter J.J.. Development of a Predictive Model for Gasoline Vehicle Particulate Matter Emissions. *SAE Tech. Pap.* 2010. No 3 (2). P. 610–622, DOI:10.4271/2010-01-2115.
2. Liu X., Chanko T., Lambert C., Maricq M., Motor F.. Gasoline Particulate Filter Efficiency and Backpressure at Very Low Mileage. *SAE Tech. Pap.* 2018. No 1–9, DOI:10.4271/2018-01-1259.
3. Wang B., Pamminger M., Vojtech R., Wallner T.. Impact of Injection Strategies on Combustion Characteristics, Efficiency and Emissions of Gasoline Compression Ignition Operation in a Heavy-Duty



Multi-Cylinder Engine. *International Journal of Engine Research*. 2018. No 1–15, DOI:10.1177/1468087418801660.

4. Pope C. A., Dockery D. W. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect *J. Air Waste Manage Assoc*, 2006. No 56. P. 709–742.

5. Voloshkina O., Sipakov R., Varavin D., Anpilova Ye., Kryvomaz T., Bereznitska J. Pollution of atmospheric air above the city highways. 2018, v. 2, Issue 4, *USEFUL online journal* <https://useful.academy> ISSN 2574-4461 (online) DOI: <https://doi.org/10.32557/useful-2-4-2018-0002>. P. 9–25.

6. Eastwood P. Particulate emissions from vehicles. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2008. 513 p. DOI: 10.1002/9780470986516.

7. Nadeem M., Rangkuti C., Anuar K., Haq M. R. U., Tana I. B., Shah S. S. Diesel engine performance and emission evaluation using emulsified fuels stabilized by conventional and gemini surfactants. *Fuel* 85. 2006. P. 2111–2119.

8. Деревяго И., Салонииков В., Луговский А., Головач А. Эколого-экономическая оценка эффективности использования топливных добавок. *Наука и инновации*. 2016. № 9. С. 36–39.

9. Сидоров Г. М., Ахметов А. Ф., Зиннатуллин Р. Р. Опыт получения компонентов автомобильных бензинов с улучшенными экологическими свойствами. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 1. С. 31–33.

10. Ковтун Г. Альтернативні моторні палива. *Вісник НАН України*. 2005. Вип. 2. С. 19–27.

11. Pradeep Kumar A. R., Annamalai K., Premkartikkumar S. R., Senthur N. S. Effect of emulsified fuel on performance and emission characteristics in diesel engine. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*. 2015. No 7. P. 215–218.

12. Alleman T. L., McCormick R. L., Yanowitz J. Properties of Ethanol Fuel Blends Made with Natural Gasoline. *Energy & Fuels* 2015. 29 (8): P. 5095–5102, DOI:10.1021/acs.energyfuels.5b00818.

13. Горелик Г. Б. Водотопливная эмульсия – альтернативное топливо XXI века: монография. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2019. 202 с.

14. Абдалиев У. К., Ташполотов Ы., Арзиев Ж. Физико-технические основы получения водоемульсионного топлива. *Вестник ОшГУ*. Ош. 2014. № 3. С. 113–117.

15. Alahmer A., Yasmin J., Sakhrieh A., Hamdan M. A. Engine performance using emulsified diesel fuel. *Energy Conversion and Management*. 2010. v. 51. Issue 8. P. 1708–1713.



16. Кузнецов Е. С., Воронов В. П., Болдин А. П. и др. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов. М.: Транспорт, 1991. 413 с.

INVESTIGATION OF THE WATER ADDITION INFLUENCE ON THE GASOLINE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES, ECOLOGICAL AND OPERATIONAL CHARACTERISTIC

Stepanov D., Vasylykevych O., Kofanov O.

Abstract

The article deals with the investigation of water additives influence on the gasoline physico-chemical properties, ecological and operational characteristics with the help of developed effective emulsifiers-stabilizers for obtaining stable water-gasoline systems. To reduce toxic emissions into the environment and increase the technical and economic characteristics of vehicles, it is necessary to improve the combustion conditions of the fuel. Water additives highly emulsified in gasoline by the help of surface-active substances (surfactants) both ionogenic and non-ionogenic can improve the process of fuel combustion and reduce mass fuel consumption (water content is 4.21 % vol.) by 1.0 %; specific fuel consumption – by 1.4 %; CO concentration in exhaust gases – by 17.6 %; NO_x concentration – by 29.6 %. By the time, water additives of 4.21 % vol. to gasoline slightly increase fuel density and cause the increase in the concentration of CH in exhaust gases by 6.6 %; in CO₂ concentration – by 3.3 %. Water additives also improve some operational characteristics, achieving such effects as increasing of the octane number of gasoline, reduction of the engine cold start-up temperature, reduction of the octane sensitivity.

Key words: vehicles, gasoline, fuel, exhaust gases, water addition effect, surface-active substances, gasoline-water system, emulsification, physico-chemical properties.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДНЫХ ДОБАВОК НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕНЗИНА, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Степанов Д., Василькевич А., Кофанов О.

Аннотация

В статье исследовано влияние добавок воды на физико-химические свойства, экологические и эксплуатационные характеристики бензина с помощью разработанных эффективных эмульгаторов-стабилизаторов для получения устойчивых систем бензин-вода. Для уменьшения токсичных выбросов в окружающую среду и повышения технико-экономических характеристик транспортных средств необходимо улучшить условия горения топлива. Водные добавки, которые сильно эмульгируются в бензине с помощью поверхностно-активных веществ как ионогенных, так и неионогенных, могут улучшить процесс сжигания топлива, уменьшить его потребление, снизить концентрацию СО и NO_x в отработавших газах. Однако добавки воды к бензину незначительно увеличивают плотность топлива и вызывают повышение концентрации СН и СО₂ в отработанных газах двигателей.

Ключевые слова: транспортные средства, бензин, топливо, отработанные газы, эффект от добавления воды, поверхностно-активные вещества, система бензин-вода, эмульгирование, физико-химические свойства.



ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОДНИХ ДОБАВОК НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕНЗИНУ, ЕКОЛОГІЧНІ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Степанов Д., Василькевич А., Кофанов А.

Анотація

Інтенсивний розвиток енергетики, промисловості і транспорту неминує пов'язане з ростом споживання вуглеводневого палива. В результаті збільшується кількість вихлопних газів, що викидаються в атмосферу. Токсичність вихлопних газів в основному залежить від якості і виду палива, що спалюється, умов процесу згоряння, технічного стану двигунів і т. д. Згідно з експертними оцінками, автомобілі, судна і залізничний транспорт з двигунами внутрішнього згоряння є одними з основних джерел забруднення навколишнього середовища. Таким чином, всі заходи, спрямовані на поліпшення якості вуглеводневого палива, знижують концентрацію токсичних речовин у вихлопних газах і, отже, зменшують негативний вплив на навколишнє середовище. Проведений аналіз підтвердив наявність можливостей покращити якість, екологічні та експлуатаційні властивості бензину шляхом додавання води. У статті досліджено вплив добавок води на фізико-хімічні властивості, екологічні та експлуатаційні характеристики бензину за допомогою розроблених ефективних емульгаторів-стабілізаторів для отримання стійких систем бензин-вода. Для зменшення токсичних викидів у навколишнє середовище та підвищення техніко-економічних характеристик транспортних засобів необхідно покращити умови горіння палива. Водні добавки, які сильно емульгуються в бензині за допомогою поверхнево-активних речовин як іоногенних, так і неіоногенних, можуть покращити процес спалювання палива, зменшити його споживання, знизити концентрацію CO і NO_x у відпрацьованих газах. Проте добавки води до бензину незначно збільшують густину палива і спричиняють підвищення концентрації СН і CO₂ у відпрацьованих газах двигунів.

Ключові слова: транспортні засоби, бензин, паливо, відпрацьовані гази, ефект від додавання води, поверхнево-активні речовини, система бензин-вода, емульгування, фізико-хімічні властивості.



УДК 631.14 636:63

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-26

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА В ПІВДЕННОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ

Болтянська Л.О., к.е.н.

ORCID 0000-0002-6314-4429

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

e-mail: larysa.boltianska@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. Світовий досвід існування ринку тваринницької продукції в розвинутих країнах, наприклад ЄС, свідчить, що досягнення високого рівня споживання даної продукції забезпечено стійкою пропозицією худоби, птиці і м'ясопродуктів, яка забезпечує наявний платоспроможний попит. Це, в свою чергу, забезпечує товаровиробникам необхідні для розширеного відтворення доходи. За нинішніх умов в Україні існує значна кількість проблем повноцінного та ефективного функціонування ринку продукції тваринництва, зокрема: необґрунтована державна політика, яка підкріплюється низькою прибутковістю виробництва продукції галузі та відповідно невисокою конкурентоспроможністю, ціновий диспаритет, недосконалість податкових, фінансових та бюджетних важелів, зниження умов життя сільського населення тощо.

Отже, проблема необхідного забезпечення населення високоякісною продукцією тваринного походження за сприятливими цінами, а переробну промисловість – сировиною в достатній кількості, носить загальнодержавний характер та залишається на сьогодні пріоритетним завданням стратегії аграрного сектору та потребує вирішення в контексті продовольчої безпеки.

Аналіз останніх досліджень. Питання стосовно виправлення ситуації, що склалась в галузі, розглядається в численних публікаціях науковців і експертів аграрного ринку, а також на семінарах, нарадах та конференціях. Результати наукових досліджень щодо проблем розвитку галузі тваринництва в Україні та ефективності її функціонування освітлені в публікаціях вітчизняних науковців: С.П. Азізова, В.Г. Андрійчука, В.І. Аранчія, В.І. Бойка, О.М. Бородіної, П.С. Березівського, С.В. Васильчака, М.М. Ільчука, В.М. Калінчика, П.Т. Саблука, Г.М. Христенко, О.М. Шпичака та інших.



Проте, незважаючи на наявність значної кількості наукових праць, враховуючи специфічність, питання становлення і розвитку тваринницької галузі не втрачають своєї актуальності.

Формулювання цілей статті. Метою статті є проведення оцінки сучасних тенденцій розвитку галузі тваринництва в південному регіоні України та обґрунтування можливостей ефективного її розвитку на перспективу.

Основна частина. До складу тваринництва України входять: скотарство, свинарство, птахівництво, вівчарство та менш поширені кролеводство, рибництво, бджільництво, звірівництво та інші. Найважливішим індикатором стану тваринницької галузі, найбільш складною і надзвичайно важливою галуззю є скотарство [5, с. 332]. Проте, експерти разом з виробниками відносять цю галузь до так званих «довгих грошей», оскільки для отримання повноцінної корови треба витратити багато коштів і часу (6-7 років). Щодо птахівництва і свинарства, за думкою експертів, з урахуванням специфіки та ефективності виробництва – є порівняно привабливими для інвестицій, оскільки за досить короткий час можна не лише повернути вкладені гроші, а й одержати прибутки [9].

Український ринок тваринницької продукції формують підприємства аграрного сектору, господарства населення та переробні підприємства. В сукупності вони забезпечують пропозицію на вітчизняному ринку м'яса, молочних продуктів та інших видів продукції тваринницького походження. Окрім пропозиції, економічними показниками сучасного стану галузі тваринництва визначають попит та ціну. Всі ці елементи знаходяться в залежності один від одного: пропозиція – від попиту, попит – від ціни, ціна – від пропозиції.

Обсяг пропозиції продукції тваринницької галузі в першу чергу формують такі показники: поголів'я тварин, їхня продуктивність та валове виробництво (табл. 1).

У продовж останніх років в господарствах усіх категорій країни спостерігається скорочення поголів'я за всіма видами тварин. Значні тенденції зменшення відбулись по поголів'ю великої рогатої худоби, молочного напрямку та свиней (в середньому скорочення склало 22-24% порівняно з 2014 роком). За цей час поголів'я птиці зменшилось майже на 900 тис. гол., що становить лише 4,1%.

До Південного регіону України відносять Дніпропетровську, Запорізьку, Миколаївську, Одеську та Херсонську області. Аналіз сучасного стану галузі тваринництва в південному регіоні здійснюємо на основі даних перелічених областей без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим та м. Севастополя. Чисельність поголів'я всіх видів тварин Південного регіону в структурі



поголів'я країни коливається в межах 15-17% в залежності від виду тварин. Динаміка даних свідчить, що в регіоні темпи скорочення поголів'я значно вищі, порівняно з показниками всієї країни. Особливо слід зазначити суттєве зменшення поголів'я свиней у 2019 році – скорочення склало 683,9 тис. гол, що становить майже 42%.

Таблиця 1.

Динаміка поголів'я худоби та птиці в усіх категоріях господарств України та Південного регіону, тис. голів*

Види тварин	Роки						Зміна у %, 2019р. до 2014р.
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
в цілому по Україні							
ВРХ, у т.ч.	4397,7	3884	3750,3	3682,3	3530,8	3332,9	75,8
корови	2443,0	2262,7	2166,6	2108,9	2017,8	1919,4	78,6
Свині	7764,4	7350,7	7079,0	6669,1	6109,9	6025,3	77,6
Птиця	220636,1	213335,7	203986,2	201668,0	204830,9	211654,4	95,9
у т.ч. в Південному регіоні							
ВРХ, у т.ч.	746	675,1	650,6	650,6	638,6	563	75,5
корови	412,2	393,1	44,3	372,4	362,9	334	81,0
Свині	1632,4	1531,8	1241	1241	1052,4	948,5	58,1
Птиця	43852,2	46723,7	23760	39242,3	37185,2	35951,5	82,0

*Побудовано за даними збірника «Тваринництво України», 2018 р. та статистичної інформації Державної служби статистики.

Динамічні процесів функціонування галузі, зокрема скорочення поголів'я тварин, мали неоднозначний вплив на показники валового виробництва продукції тваринницької галузі та продуктивності тваринництва (табл. 2).

Зменшення поголів'я тварин призвело до скорочення виробництва основних видів тваринницької продукції як в країні у цілому так і в Південному регіоні зокрема. Винятком є виробництво продукції галузі птахівництва, зокрема м'яса курей – в країні протягом аналізованого періоду спостерігається незначне зростання – на 172,6 тис. т, що становить 14,8%. Темпи зниження виробництва яловичини та телятини в цілому по країні становили 15,6%, молока – 12,9%, яєць – 14,9%, лише за виробництвом свинини скорочення становило 3,6%.

Спостерігаючи динаміку виробництва основних видів продукції тваринництва Південного регіону України зазначимо, що в цей період значно скоротилось виробництво яєць – на 1521,7 млн. шт., що становило майже 35%, динаміка виробництва молока та свинини має однакову тенденцію з показниками зміни за цими видами в цілому по

країні. Одночасно слід зазначити, що в 2019 році відбулось незначне зростання в регіоні виробництва м'яса ВРХ.

Таблиця 2.

Динаміка виробництва основних видів продукції тваринництва в усіх категоріях господарств України та Південного регіону*

Види продукції	Роки						Зміна у %, 2019р. до 2014р.
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
в цілому по Україні							
М'яса ВРХ, тис. т	412,7	384	375,6	363,5	358,9	348,2	84,4
Свинина, тис. т	742,6	759,7	747,6	735,9	702,6	715,6	96,4
М'яса птиці, тис. т	1164,7	1143,7	1166,8	1184,7	1258,9	1337,3	114,8
Молоко, тис. т	11132,8	10615,4	10381,5	10280,5	10064	9697	87,1
Яйця, млн. шт.	19587,3	16782,9	15100,4	15505,8	16132	16676,6	85,1
у т.ч. в Південному регіоні							
М'яса ВРХ, тис. т	68,1	64,2	63,7	64,9	69,8	68,9	101,2
Свинина, тис. т	148,2	148,4	132,9	122,8	108,8	107,5	72,5
М'яса птиці, тис. т	252,1	201,6	212,3	230,2	228,1	228,6	90,7
Молоко, тис. т	1703,0	1718,3	1640,0	1585,5	1532,4	1408,8	82,7
Яйця, млн. шт.	4440,2	3 861,6	3128,0	3111,0	3127,9	2918,5	65,7

* Побудовано за даними збірника «Тваринництво України», 2018 р. та статистичної інформації Державної служби статистики.

Досліджено, що темпи скорочення виробництва продукції тваринництва в сільськогосподарських підприємствах суттєво менші, ніж в господарствах населення. Проте, дана тенденція негативно відбивається на рівні споживання продукції тваринницької галузі населенням країни. Статистичні дані свідчать, що рівень споживання продуктів тваринницького походження (м'ясо і м'ясопродуктів, молока і молочних продуктів, яєць) значно нижчий порівняно з фізіологічною потребою людини. Наприклад, річне споживання м'яса та м'ясопродуктів, у середньому, становить 56-58 кг, молока і молочних продуктів – 230-243кг, яєць – 230-240 шт. на рік. А втім загальний потенціал споживчого попиту відповідно до раціональної норми споживання (рекомендованої МОЗ) становить: по м'ясу і м'ясопродуктам – 80 кг в розрахунку на 1 особу за рік; молока і молочних продуктів – 380 кг; яєць – 290 шт. на рік [5, с. 335].

В той же час, споживання м'яса на душу населення в Україні відчутно відстає від розвинутих країн. Так, якщо українець в середньому споживає 7,3 кг яловичини і 19 кг свинини на рік, то німець – 14 і 56 кг відповідно [10]. Ці дослідження підтверджують існування



невирішеної проблеми забезпечення населення країни продуктами власного виробництва.

Стан виробництва продукції тваринництва характеризується ступенем її ефективності, основними показниками якої є продуктивність тварин. Проте, фактори впливу на продуктивність тварин різняться в залежності від виду.

Продуктивність корів обумовлюється багатьма факторами: це і рівень повноцінності годівлі, мікроклімат, умови утримання тварин та інші фактори зовнішнього середовища. Проте, швидко підвищити рівень продуктивності корів за раціонального регулювання цих факторів не можливо оскільки рівень, зумовлений їх спадковими можливостями, які досягаються селекцією. Порівняно з факторами середовища, останні забезпечують стійке збільшення продуктивності існуючого покоління, навіть в залежності від природно-кліматичних умов.

Природно-кліматичні системаутворюючі фактори тваринництва значною мірою визначають вибір відповідних видів, порід тварин, типів і матеріалів для будівництва тваринницьких приміщень та їх обігрів, технології виробництва, зокрема способів утримання тварин тощо. Наприклад, клімат значною мірою впливає на продуктивність тварин, формування сезонності розмноження. Клімат і природно-кліматичні умови визначають особливості кормової бази та рівень годівлі [1, с. 26].

Рівень молочної продуктивності і склад молока визначаються великою кількістю чинників: обумовлені генетичними даними і фізіологічним станом тварини, чинники зовнішнього середовищем: годівля, утримання тварин, клімат, період лактації; вік, вагітність, тічка, стан здоров'я. Велике значення мають спадкові особливості тварин, що сформувалися завдяки племінній роботі з кожною окремою породою і стадом.

Успішне розведення птиці здебільшого залежить лише від декількох важливих умов – оптимально збалансованого складу корму та комфортних умов утримання. Під час вирощування та утримання особливе значення має повноцінна годівля. Інтенсивний ріст молодняку і висока яєчна продуктивність самок проявляються за умови забезпечення їх кормами, що містять усі необхідні поживні речовини: білки, вуглеводи, жири, мікроелементи та вітаміни. Раціон для птиці повинен відповідати природним особливостям, охоче ними поїдатися і не викликати небажаних наслідків [2, с. 38].

Обов'язкові умови утримання птиці: приміщення має бути добре провітрюваним, без протягів; освітлення не повинно бути яскравим; з відповідною вологістю повітря. Забезпечення цих умов можливе в домашньому господарстві [3, с. 11].

Розвиток тваринництва не можливий без розвитку кормовиробництва. Перспективним вважається процес приготування кормів в умовах сільськогосподарських підприємств та господарств населення, який включає: прийом сировини, її очищення, подрібнення, дозування відповідно до рецептури, змішування зволоження, облік і видача [4, с. 76].

Приготування комбікормів безпосередньо на місцях споживання дозволить раціонально використовувати власну сировину, знизити собівартість, енергоємність, підвищити якість кормів, максимально зменшити залежність від постачальників.

Вид породи, рівень умов утримання, годівлі та обслуговування тварин різняться в залежності від категорій господарств та регіонального розміщення, що в свою чергу впливає на рівень продуктивності тварин та птиці (табл. 3).

Таблиця 3.

Динаміка продуктивності основних видів тварин в усіх категоріях господарств України

Показники	Роки						Зміна у %, 2019р. до 2014р.
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Середньодобовий приріст ВРХ, г	359,09	425,07	442,05	423,05	438,18	462,96	128,9
Середньодобовий приріст свиней, г	358,86	381,66	390,08	404,85	432,98	438,11	122,1
Середня вага 1 тушки птиці, кг	2,40	2,40	2,40	2,40	2,50	2,52	105,0
Середньорічний надій на 1 корову, кг	4557,02	4691,47	4791,61	4874,82	4987,61	5052,10	110,9
у т.ч. в Південному регіоні							
Середньодобовий приріст ВРХ, г	388,19	425,30	458,59	454,80	449,61	395,14	101,8
Середньодобовий приріст свиней, г	362,69	360,93	405,99	371,77	399,09	439,92	121,3
Середньорічний надій на 1 корову, кг	4131,49	4371,15	37020,3	4257,52	4222,65	4217,96	102,1

*Побудовано за даними збірника «Тваринництво України», 2018 р. та статистичної інформації Державної служби статистики.

Отже, не зважаючи на тенденцію до скорочення поголів'я тварин в країні, спостерігається підвищення рівня якісних показників виробництва продукції тваринництва. Протягом аналізованого періоду відмічається збільшення середньодобового приросту ВРХ з 359 г до 462 г, що становить 28,9%, свиней – на 79,2 г на добу, зростає



середньорічний надій на 1 корову – майже на 500 кг. Існує стійка тенденція до стабільності середньої ваги 1 тушки птиці – з 2014 по 2017 роки вага становить 2,4 кг, в подальший період зростає до рівня 2,52 кг.

Подібна тенденція показників продуктивності тварин спостерігається в господарствах Південного регіону. Хоча, одночасно, слід зазначити, що темпи зростання середньодобової продуктивності тварин та середньорічного надію на 1 корову значно менші в даному регіоні ніж в середньому по країні.

Висновки. Отже, судячи с проведених досліджень, можна стверджувати, що ринок тваринницької галузі України є перспективним, проте ця галузь як ні яка інша потребує державної підтримки. Чинне законодавство не забезпечує дієвих механізмів вирішення її проблем. Четверть норм є неактуальними, а третина інструментів регулювання провокує на високі корупційні ризики. В умовах поширення захворювань тварин, це призводить до суттєвого зниження поголів'я, фінансових збитків бізнесу і геть не захищає споживача від неякісної продукції.

Здійснення підтримки виробництва та реалізації тваринницької продукції, як найбільш трудомістких, капіталомістких і дефіцитних видів продуктів, особливо в господарствах населення, де вони виробляються переважно з використанням ручної праці, підвищення зайнятості і добробуту сільського населення повинно бути пріоритетним напрямом з боку держави. Підвищення рівня забезпеченості потреби населення країни, ефективності функціонування галузі і формування відповідного експортного потенціалу потребує необхідність застосування комплексу законодавчих, цінових, фінансово-кредитних, бюджетно-дотаційних, зовнішньоекономічних важелів на стан розвитку галузі.

Список використаних джерел.

1. *Баланюк І.Ф., Зіняк Ю.Р.* Чинники впливу на розвиток регіонального тваринництва. *Науковий вісник Ужгородського університету*, серія Економіка, 2016. Випуск 1 (47). Т.1. С.24-27
2. *Болтянська Л.О., Болтянський Б.В., Скляр Р.В., Григоренко С.М., Комар А.С.* Обґрунтування оптимального раціону годівлі перепелів. *Щомісячний науково-практичний журнал «Тваринництво сьогодні»*, №7. Київ, 2018. С. 38-42.
3. *Болтянська Л.О., Болтянський Б.В.* Перспективні форми ведення родинного бізнесу. *Матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Соціально-економічні проблеми розвитку бізнесу та місцевого самоврядування»*, Мелітополь, Україна, 13 - 14 червня 2019 року. С.10-11



4. Болтянський Б.В., Гвоздєв О.В., Бакарджиев Р.О. Методологічна база обґрунтування технологічного процесу та обладнання для приготування комбікормів в умовах сільськогосподарських підприємств. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Вип.6. – т.3.- Мелітополь, 2016. - с. 73-79
5. Брик М. М. Сучасний стан та перспективи розвитку галузі тваринництва в Україні. *Економічний аналіз*. Тернопіль, 2018. Том 28. № 4. С. 331-337.
6. Державна підтримка ринкового розвитку тваринництва [Електронний ресурс]. URL: <http://www.khai.edu/csp/nauchportal/Arhiv/EUPMG/2014/EUPMG114/Misyuk.pdf>
7. Лисак О.І., Андрєєва Л.О., Болтянська Л.О. Сучасні тенденції розвитку підприємництва в Україні ADVANCES OF SCIENCE. Proceedings of articles the international scientific conference Czech Republic, Karlovy Vary – Ukraine, Kyiv, 28 September 2018. С. 1357-1366
8. М'ясна продуктивність і фактори, що її визначають [Електронний ресурс]. URL: http://pidruchniki.com/12461220/tovarovnavstvo/myasna_produktyvnist_faktori_viznachayut
9. Тваринництво в Україні – відродження чи занепад? Сучасне тваринництво [Електронний ресурс]. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/8039>
10. Тваринництво в Україні занепадає останні 5 років (думка експертів) [Електронний ресурс]. URL: <https://news.agro-center.com.ua/stockbreeding/tvarinnictvo-v-ukraini-zanepadaie-ostanni-5-rokiv.html>.
11. Mishenin, Y., Valentynov, V., Maslak, O., Koblianska, I. Modern transformation in small-scale agricultural commodity production in Ukraine. *Marketing and management of innovation*. 2017. 4. P 358–366.
12. Varchenko, O., Svyinous, I., Grynchuk, Y. and at. The strategy of developing agricultural supply chain in terms offload security in Ukraine. *International Journal of Supply Chain Management*. 7(5). 2018. P.657-666.
13. Boudreaux C.J. Nikolaev B. Capital is not enough: opportunity entrepreneurship and formal institutions. *Small Business Economics*. 2019. Vol. 53, is. 3 . P. 709-738;
14. Rickne A., Ruef M., Wennberg K. The socially and spatially bounded relationships of entrepreneurial activity: Olav Sorenson-recipient of the 2018 Global Award for Entrepreneurship Research. *Small Business Economics*. 2018. Vol. 51, is. 3. P. 515-525;



15. *Andrejeva S., Zubule E., Znotina D. Social Entrepreneurship and its Development Possibilities. Periodyk Naukowy Akademii Polonijnej. 2019. No. 34(3). P. 11-19;*

16. *Meira D. Ramos M. E. Social entrepreneurship: legislative contributions. Revista Electrónica de Direito. RED. 2019. No. 2 (Vol. 19) P. 135-162.*

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА В ПІВДЕННОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ **Болтянська Л.О.**

Анотація

В статті проведено аналіз сучасного стану галузі тваринництва в Україні та Південному регіоні, виявлені тенденції розвитку. За нинішніх умов в Україні існує значна кількість проблем повноцінного та ефективного функціонування ринку продукції тваринництва, зокрема необґрунтована державна політика, яка підкріплюється низькою прибутковістю виробництва продукції галузі та відповідно невисокою конкурентоспроможністю, ціновий диспаритет, недосконалість податкових, фінансових та бюджетних важелів, зниження умов життя сільського населення тощо. У продовж останніх років в господарствах усіх категорій країни та Південного регіону спостерігається скорочення поголів'я за всіма видами тварин. Динамічні процесів функціонування галузі, зокрема скорочення поголів'я тварин, мали неоднозначний вплив на показники валового виробництва продукції тваринницької галузі та продуктивності тваринництва. В цілому по країні спостерігається скорочення виробництва яловичини та телятини, молока і яєць. Досліджено, що темпи скорочення виробництва продукції тваринництва в сільськогосподарських підприємствах суттєво менші, ніж в господарствах населення. Тому, дана тенденція негативно відбивається на рівні споживання продукції тваринницької галузі населенням країни.

Ключові слова: галузь тваринництва, чисельність поголів'я тварин, виробництво тваринницької продукції, продуктивність тварин, річне споживання, ринок продуктів тваринницького походження.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ЖИВОТНОВОДСТВА В ЮЖНОМ РЕГИОНЕ УКРАИНЫ **Болтянская Л.О.**

Аннотация

В статье проведен анализ современного состояния отрасли животноводства в Украине и Южном регионе, выявленные тенденции ее развития. В нынешних условиях на Украине существует значительное количество проблем полноценного и эффективного функционирования рынка продукции животноводства, в частности необоснованная государственная политика, которая подкрепляется низкой прибыльностью производства продукции отрасли и соответственно невысокой конкурентоспособностью, ценовой диспаритет, несовершенство налоговых, финансовых и бюджетных рычагов, снижения условий жизни сельского населения и тому подобное. В течении последних лет на предприятиях всех форм собственности страны и Южного региона наблюдается сокращение поголовья за всеми видами животных. Динамические процессы функционирования отрасли, в



частности сокращение поголовья животных, имели неоднозначное влияние на показатели валового производства продукции животноводческой отрасли и продуктивности в животноводстве. В целом по стране наблюдается сокращение производства говядины и телятины, молока и яиц. Исследовано, что темпы сокращения производства продукции животноводства в сельскохозяйственных предприятиях существенно меньше, чем в хозяйствах населения. Поэтому, данная тенденция негативно отражается на уровне потребления продукции животноводческой отрасли населением страны.

Ключевые слова: отрасль животноводства, численность поголовья животных, производство животноводческой продукции, продуктивность животных, годовое потребление, рынок продуктов животноводческого происхождения.

THE PROGRESS OF INDUSTRY OF STOCK-RAISING TRENDS ARE IN SOUTH REGION OF UKRAINE

L. Boltianska

Summary

In the article the analysis of the modern state of industry of stock-raising is conducted in Ukraine and South region, educed progress trends. At present terms there is a far of problems of the valuable and effective functioning of market of products of stock-raising in Ukraine, a public policy that refreshes oneself subzero profitability of production of goods of industry and accordingly not high competitiveness is groundless in particular, price диспаритет, imperfection of tax, financial and budgetary leverages, decline of terms of life of rural population and others like that. In continue the last years in the economies of all categories of country and South region there is reduction of population after all types of animals. Dynamic processes of functioning of industry, in particular reduction of population of animals, had ambiguous influence on the indexes of gross production of goods of stock-raising industry and productivity of stock-raising. On the whole after a country there is a decline in the production of beef and veal, milk and eggs. Investigational, that the rates of decline in the production of goods of stock-raising in agricultural enterprises substantially less than, than in the economies of population. To Tom, this tendency is negatively reflected at the level of consumption of products of stock-raising industry by the population of country. Despite the declining livestock population in the country, there is an increase in the level of quality indicators of livestock production. During the analyzed period there is an increase in the average daily growth of cattle, pigs, increasing the average annual hopes for 1 cow. There is a steady trend towards the stability of the average weight of 1 poultry carcass. A similar trend in animal productivity is observed in farms in the Southern region.

Judging by the research, it can be argued that the market of the livestock industry in Ukraine is promising, but this industry like no other needs government support.

Key words: are industry of stock-raising, quantity of population of animals, production of stock-raising goods, productivity of animals, annual consumption, market of products of stock-raising origin.



УДК 620.92

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-27

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ГІБРИДНОЇ СОНЯЧНОЇ ПАНЕЛІ НА ОСНОВІ ЦИЛІНДРИЧНИХ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ФОТОМОДУЛІВ

Галько С.В., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-7991-0311

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

e-mail: galkosv@gmail.com

Постановка проблеми. У всьому світі постійно зростає попит на електроенергію. Для його задоволення здійснюється розвиток альтернативних джерел енергії з використанням сонячної, вітрової, геотермальної та інших джерел енергії. Одним з ключових рішень є розвиток нових технологій перетворення сонячної енергії [1]. Сонячна енергія є найбільш ефективним та чистим джерелом енергії, а також дешевим і вічним джерелом відновлюваної енергії, за допомогою якого можна подолати залежність суспільства від звичайних видів палива та ресурсів [2]. У роботі [3] розроблені рекомендації щодо застосування сонячних станцій: кондиціонування, охолодження, нагрівання, використання в якості зарядних пристроїв тощо.

За існуючих темпів нарощування встановленої потужності сонячних фотоелектричних станцій (СФС) в Україні вже до 2030 року їх сумарна потужність досягне 8,5 ГВт [4]. Одним з варіантів збереження існуючих темпів приросту потужності фотоенергетики в Україні є розвиток та популяризація автономних систем електроспоживання.

Використання сонячної енергії, можливості створення великомасштабних виробництв для цієї перспективної галузі вимагає вирішення багатьох фундаментальних наукових проблем і прикладних задач. Підвищення ефективності СФС, є актуальною задачею, рішення якої дозволить покращити техніко-економічні характеристики сонячного енергетичного обладнання, оптимізувати його енергетичні характеристики і режими роботи з врахуванням навантаження і енергії сонячного випромінювання [5,6]. Ефективність використання сонячної енергії значно залежить від того, наскільки точно при проектних розробках були враховані закономірності зміни сонячної радіації у місці передбачуваної експлуатації СФС [7,8].

Відомо, що при збільшенні питомої потужності сонячного випромінювання, збільшується нагрівання поверхні фотоелектричного

перетворювача (ФЕП) фотоелектричної панелі, що приводить до зниження її коефіцієнта корисної дії (ККД). У літній сонячний день температура ФЕП може досягати 70-80 °С [9,10]. Це протиріччя може бути вирішено шляхом відводу теплоти від ФЕП, що приведе до отримання додаткової теплової енергії, яку можна спрямувати на технологічні потреби. Аналіз експлуатації традиційних сонячних панелей показав, що на практиці це поки не використовується, так як недостатньо досліджені не тільки пристрої відводу теплоти від ФЕП, але і відсутні науково-обґрунтовані залежності ККД ФЕП від температури і характеристик сонячного опромінення.

Аналіз останніх досліджень. У роботах [7,10] досліджено вплив температури на енергетичні характеристики традиційних плоских сонячних панелей, що не охолоджуються, у різних умовах експлуатації, а також використані найбільш розповсюджені і надійні моделі, які дозволяють визначити температуру поверхні сонячної панелі в залежності від температури оточуючого середовища. Методика дослідження електрофізичних і енергетичних характеристик сонячної панелі приведена у [13].

Мета роботи – дослідження впливу температури ФЕП циліндричного когенераційного (гібридного) ФЕМ на енергетичні показники гібридної сонячної фотоелектричної панелі (ГСФП), що охолоджується.

Основна частина. Для підвищення ККД СФС, нами запропоновано замість плоских сонячних панелей використовувати гібридні панелі на основі когенераційних фотоелектричних модулів (ФЕМ) циліндричної форми, що охолоджуються рідиною. Це відкриває можливість створення гібридних сонячних фотоелектричних панелей (ГСФП) для одночасного отримання електричної і теплової енергії [11]. Розрахункова схема ГСФП і поглинання сонячних променів когенераційним ФЕМ циліндричної форми приведена на рис. 1.

Геометрична площа ГСФП визначається рівнянням

$$S_{ГСФП} = h \cdot l, \quad (1)$$

де h – висота ГСФП, м;

l – ширина ГСФП, м;

Габаритні розміри ГСФП становлять: $h = 1,7$ м, $l = 1$ м. Тому

$$S_{ГСФП} = 1,7 \cdot 1 = 1,7 \text{ м}^2.$$

Для виготовлення ФЕМ використані трубки з боросилікатного скла марки Т-300С з такими параметрами: зовнішня трубка – $D_1 = 50$ мм, товщина стінки $\Delta = 2,5$ мм, $D_2 = 45$ мм; внутрішня трубка – $d_1 = 30$ мм, товщина стінки $\Delta = 2,5$ мм, $d_2 = 25$ мм; довжина трубок $h_1 = 1500$ мм. Кількість ФЕМ у ГСФП - 14 [12].

Товщина ФЕП ФЕМ складає 5-6 мкм, тому з достатньою ступеню точності, його діаметр можна прийняти рівним зовнішньому діаметру внутрішньої трубки ФЕМ, тобто $d_{ФЕП} = d_1 = 30$ мм.

Ефективна площа ГСФП, яка приймає участь у перетворенні сонячного опромінювання, через параметри ФЕП дорівнює

$$S_{ГСФП\text{еф}} = n \cdot S_{ФЕП} = n \cdot \pi \cdot h_1 \cdot d_1, \quad (2)$$

де h_1 – висота трубки, м;

d_1 – діаметр внутрішньої трубки, м;

n – кількість ФЕМ у ГСФП.

Таким чином, ефективна площа ГСФП буде дорівнювати

$$S_{ГСФП\text{еф}} = 14 \cdot 3,14 \cdot 1,5 \cdot 30^{-3} = 1,978 \text{ м}^2.$$

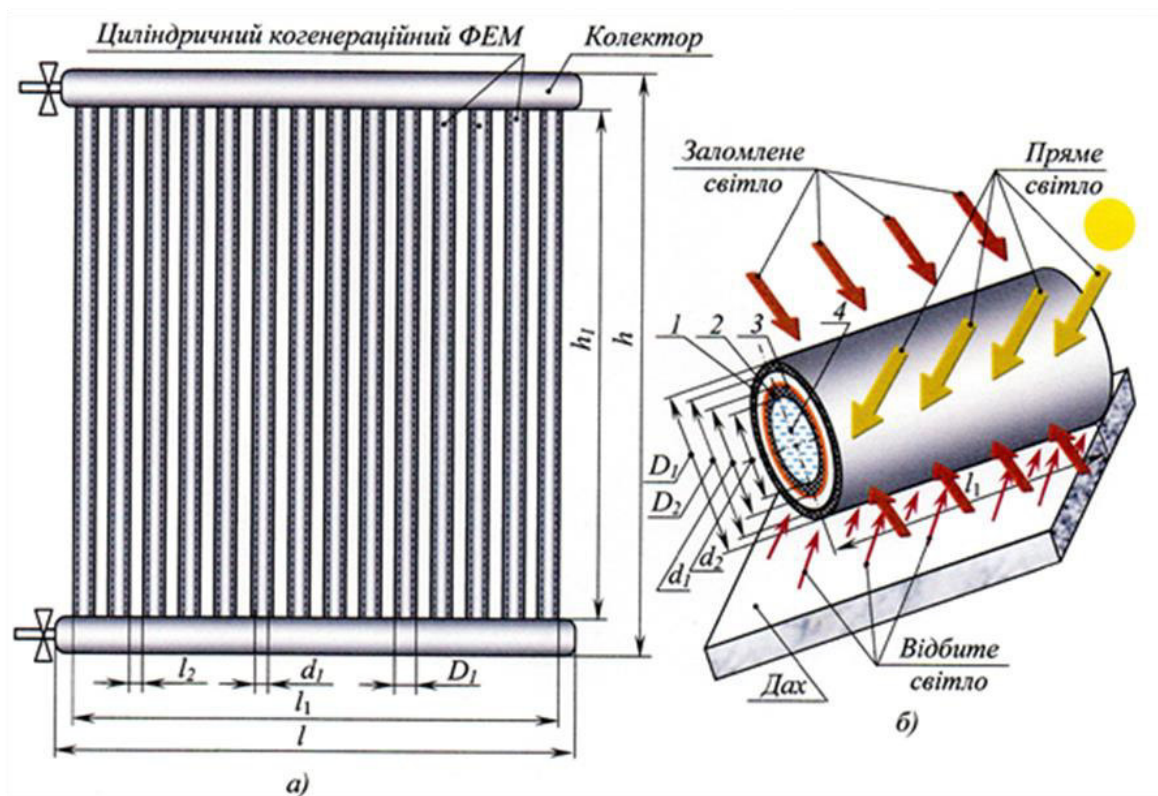


Рис. 1. Розрахункова схема ГСФП і поглинання сонячних променів когенераційним ФЕМ:

а) ГСФП; б) циліндричний когенераційний ФЕМ

1 – зовнішня трубка; 2 – внутрішня трубка; 3 – ФЕП; 4 – теплоносій

З наведених розрахунків видно, що ефективна площа ГСФП, яка перетворює сонячне опромінювання в електроенергію більше від геометричної площі ГСФП у 1,16 разів, що приведе до збільшення генерування потужності P , Вт, ГСФП, а відповідно і його загального ККД. Тому панель, яка виготовлена на основі циліндричних ФЕМ з параметрами, що наведені вище, у порівнянні з традиційною сонячною плоскою панеллю, буде мати потужність, що генерується, і ККД вищу в 1,16 раз. Для отримання максимального ККД ГСФП, вона



встановлена на поверхні, яка пофарбована білою глянцевою фарбою, що має коефіцієнт відбиття близько 0,95-0,97.

Дослідження впливу температури ФЕП циліндричного когенераційного (гібридного) ФЕМ на енергетичні показники ГСФП, що охолоджується, виконувалися на експериментальній установці опис якої приведений у [12]. Основу експериментальної установки складає стіл з системою зміни кута нахилу поверхні, на якій нерухомо закріплений ГСФП, що досліджується. Для вимірювання інтенсивності надходження світлової енергії використовується піранометр термоелектричний М-80М з гальванометром ГСА-1, який закріплений на поворотній поверхні установки. При повороті дошки змінюється кут опромінювання ГСФП і піранометра одночасно. Для вимірювання температури нагрівання ФЕП використовується термоперетворювач опору типу ТЭРА-ТСМ-2-8-100М-В-3-2000-МЭ-(-50...180), який закріплений на його поверхні.

З метою дослідження характеристик ФЕП від температури його нагрівання, використовується замкнена система охолодження. Система охолодження складається з трубопроводів, циркуляційного однофазного насосу типу Aquatica 775224 та теплового акумулятора. Температуру ФЕП регулюють подачею теплоносія шляхом регулювання швидкості обертання насоса, яка змінюється величиною напруги, що подається на насос. Регулювання напруги живлення насоса виконується лабораторним автотрансформатором (ЛАТР) змінної напруги типу TDGC2-2К. В якості теплоносія системи охолодження використовується антифриз. В тепловий акумулятор подається звичайна водопровідна вода. Для регулювання навантаження ГСФП, до її вихідних клем підключений магазин опорів Р33. Для вимірювання напруги живлення насоса і струму, що ним споживається, а також вихідної напруги ГСФП і струму навантаження, використовуються мультиметри DT830(832).

Дослідження ГСФП проводилося 8.04.2020 р. у м. Мелітополь Запорізької області в одному з приватних помешкань. Географічні координати м. Мелітополь - 46°50' північної широти і 35°22' східної довготи, тому ГСФП встановлювався під кутом 46°. Досліди проводилися при фіксованій щільності питомої потужності сонячного опромінювання p о 7⁰⁰ год. ($p = 170 \text{ Вт/м}^2$), 9⁰⁰ год. ($p = 450 \text{ Вт/м}^2$), 11⁰⁰ год. ($p = 700 \text{ Вт/м}^2$) і 13⁰⁰ год. ($p = 825 \text{ Вт/м}^2$). Максимальна добова щільність питомої потужності спостерігалася о 13⁰⁰ год. і дорівнювала 825 Вт/м². Максимальна потужність $P_{ГСФП \max}$ при фіксованій щільності питомої потужності p визначалася за виразом:

$$P_{ГСФП \max} = U_{ГСФП \max} I_{ГСФП \max} \cdot \quad (3)$$

Вольт-амперні характеристики, які отримані при температурі ФЕП (теплоносія) 50°C, приведені у [11]. Температура ФЕП змінювалася від



20°C до 80°C з інтервалом 10°C. ККД ГСФП при різних температурах ФЕП (теплоносія) дорівнює:

$$\eta_{ГСФП} = \frac{P_{\max ГСФП}}{p} 100\% . \quad (4)$$

Результати дослідження і розрахунків енергетичних показників від температури ФЕП наведені у таблиці 1 та на рис. 2-4.

Таблиця 1

Результати дослідження та розрахунків енергетичних показників ГСФП від температури ФЕП

Температура ФЕП, °C	20	30	40	50	60	70	80
Показники							
Питома потужність сонячного опромінювання, p , Вт/м ²	825						
Питома максимальна потужність, що генерує ГСФП, $p_{\max ГСФП}$, Вт/м ²	228,9	227,8	227,4	224,4	219,1	210,5	197,3
ККД ГСФП, $\eta_{ГСФП}$, %	27,75	27,61	27,56	27,2	26,56	25,51	23,92
Максимальна потужність, що генерує ГСФП, $P_{ГСФП \max}$, Вт	389,1	387,3	386,6	381	372,5	358,0	335,4
Питома потужність сонячного опромінювання, p , Вт/м ²	700						
Питома максимальна потужність, що генерує ГСФП, $p_{\max ГСФП}$, Вт/м ²	202,2	201,1	200,7	198,1	193,5	185,9	174,2
ККД ГСФП, $\eta_{ГСФП}$, %	28,88	28,73	28,67	28,3	27,64	26,55	24,89
Максимальна потужність, що генерує ГСФП, $P_{ГСФП \max}$, Вт	343,7	341,9	341,2	336,7	329,0	316,0	296,2
Питома потужність сонячного опромінювання, p , Вт/м ²	450						
Питома максимальна потужність, що генерує ГСФП, $p_{\max ГСФП}$, Вт/м ²	136,4	135,7	135,4	133,6	130,5	125,4	117,5
ККД ГСФП, $\eta_{ГСФП}$, %	30,31	30,15	30,09	29,7	29,0	27,86	26,12
Максимальна потужність, що генерує ГСФП, $P_{ГСФП \max}$, Вт	231,9	230,7	230,2	227,2	221,9	213,2	199,8
Питома потужність сонячного опромінювання, p , Вт/м ²	170						
Питома максимальна потужність, що генерує ГСФП, $p_{\max ГСФП}$, Вт/м ²	57,1	56,8	56,7	55,9	54,6	52,5	49,2
ККД ГСФП, $\eta_{ГСФП}$, %	33,57	33,4	33,33	32,9	32,13	30,86	28,94
Максимальна потужність, що генерує ГСФП, $P_{ГСФП \max}$, Вт	97,1	96,6	96,4	95	92,8	89,3	83,6

Максимальна потужність $P_{ГСФП \max}$, при заданій питомій потужності сонячного опромінювання, визначалася шляхом

регулювання опору навантаження ГСФП, таким чином щоб добуток $U_{ГСФПmax} \cdot I_{ГСФПmax}$ був максимальний.

Аналізуючи рис. 2 видно, що при нагріві ФЕП від 20°C до 80°C, ККД ГСФП і потужність, що вона генерує, знижуються на 12-14%. При температурі ФЕП від 20°C до 50°C, ці показники зменшуються повільніше (до 5%), а при температурі ФЕП від 50°C до 80°C зниження прискорюється (від 5% до 12-14%). Тому, можна зробити висновок, що для створення систем гарячого водопостачання на основі ГСФП, температура теплоносія, що охолоджує ФЕП, не повинна перевищувати 50°C, що цілком достатньо для цих цілей.

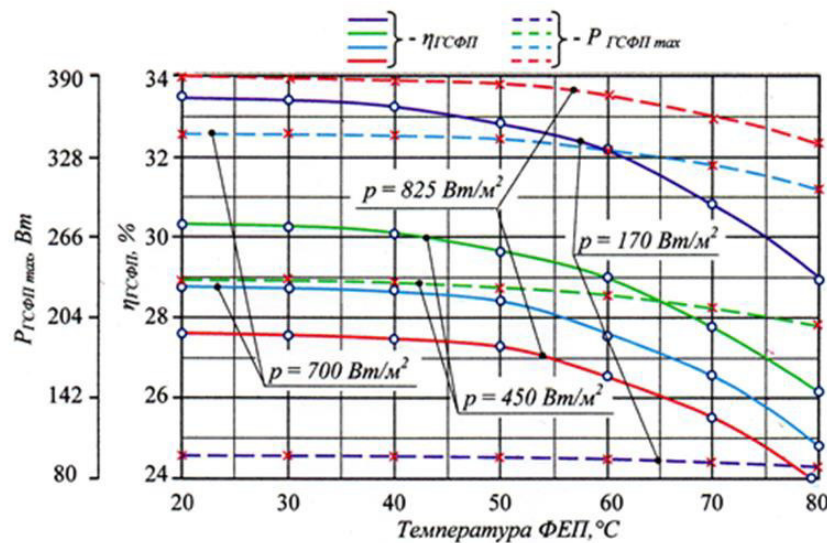


Рис. 2. Залежності ККД і максимальної потужності, що генерує ГСФП, від температури ФЕП при фіксованих значеннях питомої потужності сонячного опромінювання

Аналіз рис. 3 і 4 показує, що при збільшенні питомої потужності сонячного опромінювання p у 5 разів, максимальні струм, напруга і потужність, що генеруються ГСФП, зростають не пропорційно, а відповідно у 3 рази, 1,3 раз і 4 рази, але ККД панелі ($\eta_{ГСФП}$) знижується майже у 1,2 рази. Тобто, питома потужність сонячного опромінювання значно впливає на електрофізичні і енергетичні характеристики сонячної панелі, а особливо на максимальні струм і потужність, і повільніше - на максимальну напругу і ККД.

ККД традиційних (плоских) сонячних панелей від температури її поверхні визначається відомим виразом [7]:

$$\eta_{pi} = \eta_0 (1 - k_t (T_{pi} - T_0)), \quad (5)$$

де η_0 – ККД сонячної панелі при початковій температурі, %;

T_0 – початкова температура панелі при якій визначено η_0 , °C;

T_{pi} – температура сонячної панелі при якій визначається η_{pi} , °C;

k_t – температурний коефіцієнт ФЕП сонячної панелі, в.о.

Для традиційних сонячних панелей k_t приймається рівним 0,0045, що дає достатню точність розрахунків η_{pi} при температурі сонячної панелі T_{pi} [7].

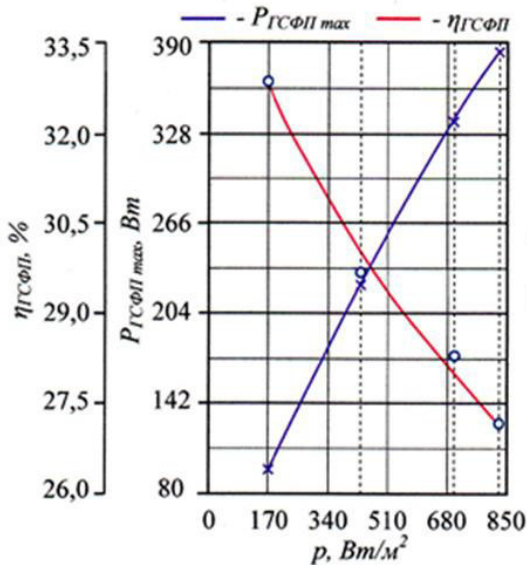


Рис. 3. Залежності ККД і максимальної потужності, що генерує ГСФП, від питомої потужності сонячного опромінювання при температурі ФЕП 50°C

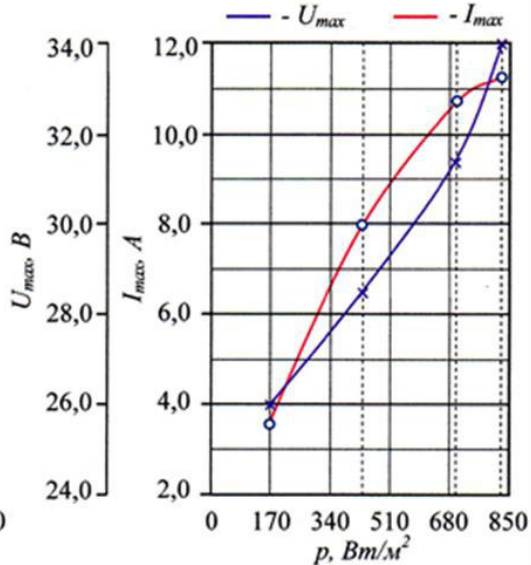


Рис. 4. Залежності максимальної напруги і струму ГСФП від питомої потужності сонячного опромінювання при температурі ФЕП 50°C

Але в нашому випадку вираз (5) дає значну похибку, так як ГСФП складається з циліндричних ФЕМ і у перетворенні сонячного випромінювання приймає участь пряме, заломлене і відбите світло (рис. 1). Тому для виконання розрахунків за виразом (5) нами отримана залежність температурного коефіцієнту (k_{tu}) циліндричного ФЕП від його температури, яка приведена на рис. 5.

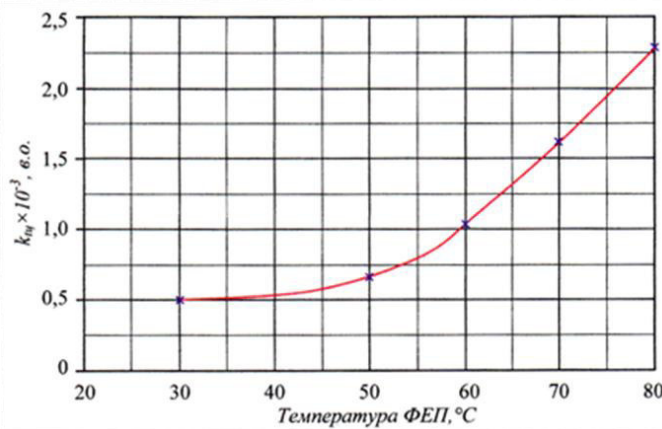


Рис. 5. Залежності температурного коефіцієнту ФЕП (k_{tu})

Висновки. У статті досліджено енергетичні показники ГСФП для одночасного отримання електричної і теплової енергії, яка виготовлена



з циліндричних когенераційних ФЕМ, що охолоджуються рідиною. За результатами досліджень можна зробити такі висновки: При нагріві ФЕП від 20°C до 80°, ККД ГСФП і потужність, що вона генерує, знижуються на 12-14%, але при температурах ФЕП від 20°C до 50°, ці показники зменшуються повільніше (до 5%), а при температурах ФЕП від 50°C до 80° зниження прискорюється (від 5% до 12-14%), тому для створення систем гарячого водопостачання на основі ГСФП та отримання високого електричного ККД панелі, температура теплоносія, що охолоджує ФЕП, не повинна перевищувати 50°C, що цілком достатньо для цих цілей. Для визначення ККД ГСФП розрахунковим шляхом в залежності від температури ФЕП отримана залежність температурного коефіцієнту циліндричного ФЕП від його температури, що дозволяє з високою точністю виконувати розрахунки.

Список використаних джерел.

1. Kabir E., Kumar P., Kumar S., Adelodun A. A., Ki-Hyun Kim. Solar energy: Potential and future prospect. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 82, № 1. P. 894-900. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>.

2. Ciriminna R., Meneguzzo F., Pecoraino M., Pagliaro M. Rethinking solar energy education on the dawn of the solar economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 63. P. 13-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.008>.

3. Sansaniwal S., Sharma V., Mathur J. Energy and energy analyses of various typical solar energy applications: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 82, № 1. P. 1576-1600. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.003>.

4. Chandra G., Mouli P., Bauer M. Zeman System design for a solar powered electric vehicle charging station for workplaces. *Applied Energy*. 2016. Vol. 168. P. 434-443. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.110>.

5. Twidell J., Weir T. Renewable Energy Resources. London and New York: Taylor & Francis, 2006. 601 p.

6. Ефимов В. П. Фотопреобразователи энергии солнечного излучения нового поколения. *Физика и техника полупроводников*. 2010. Т. 8. №2. - С. 100-115.

7. Джумаев А. Я. Анализ влияния температуры на рабочий режим фотоэлектрической солнечной станции. *Технические науки – от теории к практике: материалы XLVI Междунар. науч.-практ. конф., 27 травня 2015 р.* Новосибирск: СибАК, 2015. № 5 (42). URL: <http://sibac.info> (дата звернення: 01.04.2020).

8. Rasolomampionona D., Maeght F., Cresson P-Y., Favier P. Experimental solar-based charging station for electric vehicles. *Przeegląd*



Elektrotechniczny. 2011. R. 87, NR 6. P. 58-62. URL: <http://pe.org.pl/articles/2011/6/9.pdf> (дата звернення: 10.03.2020).

9. Галько С. В. Експериментальне дослідження і визначення параметрів когенераційного фотоелектричного модуля для гібридних сонячних електростанцій. *Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень: матеріали Міжнар. наук. конф.*, 10 квіт. 2020 р. Луцьк: МЦНД, 2020. Т. 1, С. 83-90. DOI: <https://doi.org/10.36074/10.04.2020.v1.10>.

10. Ёе Вин, Виссарионов В. И. Исследование влияния температуры на характеристики фотоэлектрических преобразователей. *Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях*. Москва: ВВЦ, 2012. С. 486-488.

11. Галько С. В. Використання когенераційних фотоелектричних модулів для зарядки електромобілів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 19. Т. 3. С. 130-141. DOI: <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-3-130-141>.

12. Halko S., Halko K. Research of electrical and physical characteristics of the solar panel on the basis of cogeneration photoelectric modules. *Integración de las ciencias fundamentales y aplicadas en el paradigma de la sociedad post-industrial: Colección de documentos científicos «ΛΟΓΟΣ» con actas de la Conferencia Internacional Científica y Práctica*, 24 de abril de 2020. Barcelona, España: Plataforma Europea de la Ciencia, 2020. Vol. 2. P. 39-44. DOI: <https://doi.org/10.36074/24.04.2020.v2.10>.

13. Какурина Н. А., Какурин Ю. Б., Курсай Д. Е., Осипов Н. А. Исследование электрофизических характеристик солнечной панели с помощью компьютеризированного измерительного стенда. *Инженерный вестник Дона*. 2016. № 3. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/search> (дата звернення 05.04.2020)

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ГІБРИДНОЇ СОНЯЧНОЇ ПАНЕЛІ НА ОСНОВІ ЦИЛІНДРИЧНИХ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ФОТОМОДУЛІВ

Галько С.В.

Анотація

У статті досліджено вплив температури фотоелектричного перетворювача на енергетичні показники гібридної сонячної фотоелектричної панелі на основі циліндричних когенераційних фотоелектричних модулів, що охолоджуються рідиною. Отримано залежності ККД і максимальної потужності, що генерує фотоелектрична панель, від температури фотоелектричного перетворювача та питомої потужності сонячного опромінювання. Для визначення ККД панелі розрахунковим шляхом, отримана залежність температурного коефіцієнту циліндричного фотоелектричного перетворювача від його температури, що дозволяє з високою точністю виконувати розрахунки.

Ключові слова: сонячна енергія, сонячна панель, когенераційний фотомодуль, фотоелектричний перетворювач, ККД, температура, потужність.



ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГИБРИДНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ НА ОСНОВЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ФОТОМОДУЛЕЙ

Галько С.В.

Аннотация

В статье исследовано влияние температуры фотоэлектрического преобразователя на энергетические показатели гибридной солнечной фотоэлектрической панели на основе цилиндрических когенерационных фотоэлектрических модулей, которые охлаждаются жидкостью. Получены зависимости КПД и максимальной мощности, которую генерирует фотоэлектрическая панель, от температуры фотоэлектрического преобразователя и удельной мощности солнечного излучения. Для определения КПД панели расчетным путем, получена зависимость температурного коэффициента цилиндрического фотоэлектрического преобразователя от температуры, позволяющая с высокой точностью выполнять расчеты.

Ключевые слова: солнечная энергия, солнечная панель, когенерационный фотомодуль, фотоэлектрический преобразователь, КПД, температура, мощность.

EFFECT OF TEMPERATURE ON ENERGY INDICATORS OF A HYBRID SOLAR PANEL BASED ON CYLINDRICAL COGENERATION PHOTO MODULES

Halko S.

Summary

To increase the efficiency of solar photovoltaic stations, it is proposed to use hybrid panels based on cylindrical cogeneration photovoltaic modules, which are cooled by a liquid, instead of flat solar panels. This opens up the possibility of creating hybrid solar photovoltaic panels for the simultaneous production of electrical and thermal energy.

The article examines the effect of the temperature of the photoelectric converter on the energy indicators of a hybrid solar photovoltaic panel based on cylindrical cogeneration photovoltaic modules, which are cooled by a liquid. The dependences of the efficiency of the maximum power, which the photovoltaic panel generates, the maximum voltage, the maximum current on the temperature of the photoelectric converter and the specific power of solar radiation are obtained. It was found that with an increase in the specific power of solar radiation by a factor of 5, the maximum current, voltage and power generated by the panel increase not proportionally, and accordingly by 3 times, 1.3 times and 4 times, but the efficiency of the panel decreases by 1.2 times.

To determine the efficiency of the panel by calculation, the temperature dependence of the temperature coefficient of a cylindrical photoelectric converter is obtained, which allows calculations with high accuracy. It was found that when the photoelectric converter is heated from 20°C to 80°C, the efficiency and generated power of the panel are reduced by 12-14%, but at converter temperatures from 20°C to 50°C, these indicators decrease slightly (up to 5%), and at converter temperatures from 50°C to 80°C, the decrease is accelerated (from 5% to 12-14%), therefore, to build hot water systems for household consumers based on hybrid solar photovoltaic panels and to obtain high electrical efficiency, it is recommended that the temperature of the coolant that cools the converter is not more than 50°C, which is sufficient for these purposes.

Key words: solar energy, solar panel, cogeneration photo module, photoelectric converter, efficiency, temperature, power.



УДК 621.3:665.335.5

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-28

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГИ НА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РИЦИНОВОЇ ОЛІЇ

Назаренко І.П., д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0001-6365-6777

Діденко О.В., аспірант

ORCID: 0000-0002-9652-169x

Лобода О.І., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-1532-3366

Дубініна С.В., інженер

ORCID: 0000-0002-2029-8989

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного*

e-mail: ettp@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. Рицинова олія являє собою цінний продукт завдяки своїм фізико-хімічним властивостям. Якість готового продукту (олія касторова технічна ГОСТ 6757-96) [1] окрім таких ознак, як колір, прозорість, щільність залежить від електрофізичних показників (питомий опір, діелектрична проникність, тангенс кута діелектричних втрат та інші).

Рицинова олія є одним з основних видів олій, які не висихають. Її широко застосовують в медицині, лакофарбовій промисловості, кабельних покриттях, парфумерії, при виробництві пластмас та металообробці.

В останній час рицинову олію широко використовують в електротехнічній, авіаційній та поліграфічній промисловості. Дослідження корисних властивостей касторової олії проводились в галузях мастильно-змазуючих матеріалів [2] та використання касторової олії в якості біодізелю [3]. Рицинова олія є унікальна по своєму хімічному складу, в якій на рицинову кислоту приходить до 90% і більш усіх жирових кислот, тому вона являє собою важливу стратегічну сировину. Велике застосування рицинова олія знайшла в машинобудуванні, хімічній промисловості, медицині, радіоелектроніці, косметології та інших галузях народного господарства.

Рицинова олія відрізняється своєю високою діелектричною проникністю, що дозволяє використовувати її в якості рідкого діелектрика при пропиті ізолюючого паперу, виробництві конденсаторів, кабелів та інших цілей.

Для отримання якісного продукту олія підлягає очищенню. Існуючі традиційні методи очищення (фільтрація, відстоювання та інші) не дозволяють отримати якісний продукт або є енерго та



ресурсовитратними. Тому розробка нових електротехнологій очищення рицинової олії від рослинних домішок є актуальною науково-технічною задачею.

Технологія очищення рицинової олії в електричному полі вміщує додавання до рицинової олії невеликої кількості води (1...2%) для гідратації фосфатидів, вилучення гідратованих фосфатидів, інших домішок та випарювання надлишкової води в електричному полі. Вода та домішки погіршують якість та діелектричні властивості рицинової олії. Тому якість очищення олії та вміст води залежать від ступеня вилучення як домішок так і води.

Аналіз останніх досліджень. Процес очищення рослинних олій спрямований на видалення домішок, які переходять з сировини в олію в процесі пресування речовини зветься рафінацією. До домішок відносяться частки мезги та жиру, мінеральні, гідратовані фосфоліпіди та інші [4]. Вплив електричного поля на жирні кислоти було досліджено [5,6] та серед відомих методів очищення рослинних олій, таких як відстоювання, фільтрування, центрифугування, гідратація та інші можна виділити очищення олій в електричному полі багатоелектродних систем [7,8,9,10]. При цьому способі очищення на електродах, під дією електрофоретичної сили та тепла [11,12] утворюються парогазові бульбашки, які рухаються на поверхню рідини разом з домішками, а потім видаляються механічними або іншими способами. Головними умовами стійкого протікання процесу електроочищення є висока напруга на електродах (до 5 кВ), підвищена температура олії (60-80⁰С), додавання до олії 1,5 – 2% води [11].

Додавання до рицинової олії води з метою гідратації фосфатидів значно погіршують її діелектричні властивості. Тому дослідження цих властивостей рицинової олії є важливим завданням для забезпечення якісного процесу очищення в електричному полі.

Формулювання мети статті. Виявлення впливу води та температури на питомий опір очищеної та свіжевижатої рицинової олії.

Основна частина. В ході експерименту було використано свіжевижату рицинову олію, очищену рицинову та олію з вмістом води 1, 1,5 та 2%.

Лабораторна установка (рисунок 1) складалась з: регулятора напруги ВУП -2М для подачі постійної напруги 100В на електроди вимірювальної камери; мікроамперметру Ф195 для вимірювання сили струму, який протікав через рицинову олію; коаксіальної вимірювальної камери, діаметри електродів якої склали 34 та 26 мм, висота 54 мм. Значення напруги вимірювались мультиметром DT9208A.

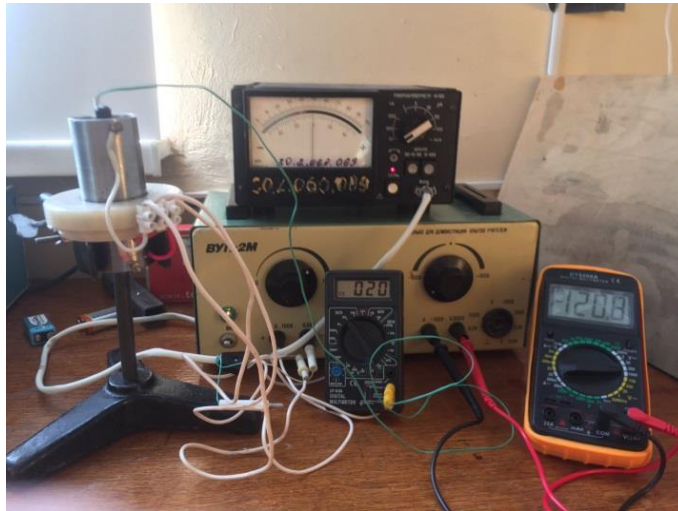


Рис. 1 Лабораторна установка

Рідина поступово підігрівалась інфрачервоним підігрівачем ІКЗ від 20 до 90⁰С. Значення температури олії вимірювались універсальним мультиметром DT-838.

В дослідженнях було використано очищену рицинову олію ГОСТ 18102-95 та свіжовижату рицинову олію . Для отримання стійкої емульсії олія – вода використовувався змішувач Homognizer type MPV-302. Досліджувались емульсії з вмістом води 0 (чиста олія), 0,5; 1; 1,5; та 2% води.

У ході експериментальних досліджень олію заливали в вимірювальну камеру та вмикали інфрачервоний підігрівач. Через кожні 20⁰С на електроди вимірювальної камери подавалась постійна напруга 100 В і знімалися показники сили струму, який проходив через рицинову олію.

За результатами дослідження отримано залежності струму, який протікає через рицинову олію, від вмісту води та температури (рисунок 2).

На підставі цих залежностей розраховано питомий опір рицинової олії в камері за формулою:

$$\rho = 2\pi \frac{U}{I} \cdot \frac{L}{\ln \frac{D_2}{D_1}} \quad (1)$$

де, U – напруга на електродах вимірювальної камери, В;

I - сила струму, А.

ρ – питомий опір рицинової олії, Ом·м;

L – довжина вимірювального стакану, мм (54 мм);

D_2 – діаметр зовнішнього електроду вимірювальної камери ,мм (34 мм);

$D1$ – діаметр внутрішньої вимірювальної камери, мм (26 мм).

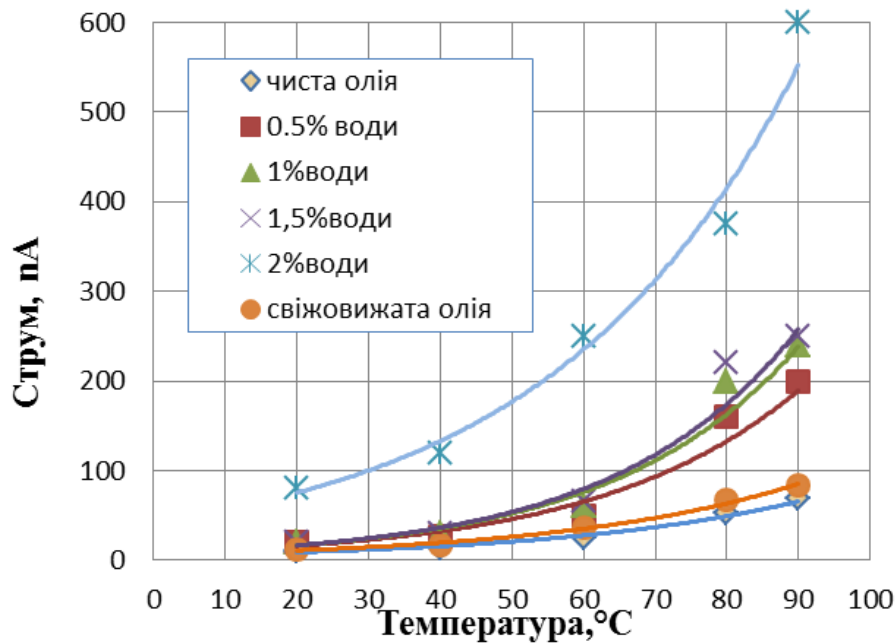


Рис. 2 Залежності струму від температури при різному вмісту води

За результатами розрахунку отримані залежності (рисунок 3).

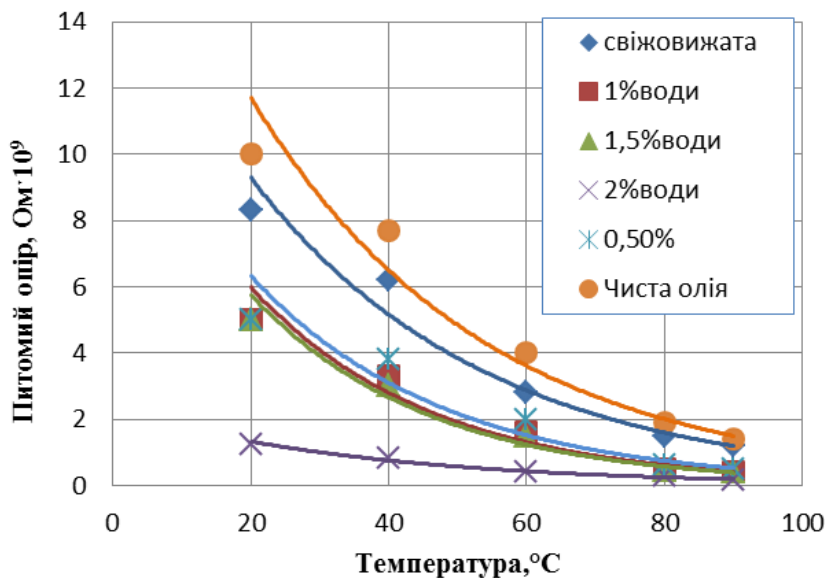


Рис. 3 Залежності питомого опору рицинової олії від температури при різному вмісту води



Висновки.

1. Результати експериментальних досліджень дозволили отримати залежності питомого опору рицинової олії від температури при вмісту води від 0 до 2 %.

2. Волога, домішки та температура суттєво зменшують питомий опір рицинової олії, що потрібно враховувати при розрахунках і проектуванні електротехнологічних комплексів очищення рицинової олії в електричному полі.

Список використаних джерел

1. ГОСТ 6757-96. Масло касторовое техническое. Технические условия. [Дата введения 1997-01-01]. Минск, 1996. 32 с.

2. Chinchkar D. S., Satpute S. T., Kumbhar N. R. Castor Oil as Green Lubricant: A Review. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*. 2012. Vol. 1, is. 5. P. 1-3.

3. Castor bean (*ricinus communis*) an international botanica answer to biodiesel production and renewable Energy. DOVE Biotech Ltd. Thailand. URL: <http://biorealis.com/pdf> (Last accessed: 02.02.2020).

4. Болога М. К., Берилл И. И. Рафинация подсолнечного масла в электрическом поле: монография. Молдова: Stinta, 2004. 214 с.

5. Supeene G., Koch C., Bhattacharjee S. Deformation of a droplet in an electric field: nonlinear transient response in perfect and dielectric media. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2008. Vol. 318, is. 2. P. 463-476. DOI:10.1016/j.jcis.2007.10.022.

6. Thaokar R. Dielectrophoresis and deformation of a liquid drop in a non-uniform axisymmetric AC electric field. *European Physical Journal E*. 2012. Vol. 35, is. 8. P. 1-15. DOI: 10.1140/epje/i2012-12076-y.

7. Назаренко І. П. Сепарація діелектричних суспензій у біжучому електричному полі. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Київ, 2010. Вип. 148. С. 117-123.

8. Назаренко І. П., Орел О. М., Стьопін Ю. М. Очистка мінеральних олій напірною флотацією з накладеним електростатичним полем. *Труды Таврической государственной агротехнической академии*. Мелитополь, 1998. Вып. 1, т. 8. С. 55-58.

9. Назаренко І. П. Сепарація слабопровідячих суспензій в бегущем електрическом поле. *Вестник аграрной науки Дона*. Зерноград, 2013. № 3(23). С. 77-84.

10. Берил И. И., Болога М. К. Электросепарация фосфатидов подсолнечного масла. *Электронная обработка материалов*. 1994. № 6. С. 60-63.



11. Спосіб очищення рослинної олії: пат. 127279 Україна: МПК (2006): C11B 3/00, B03D 1/008 (2006.01). № U201801594; заяв.19.02.2018; опубл. 25.07.2018, Бюл. № 4.

12. Назаренко І. П. Теоретичні дослідження взаємодії електричного поля з діелектричними суспензіями в багатоелектроодних системах. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 1. С. 35-45.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГИ НА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РИЦИНОВОЇ ОЛІЇ

Назаренко І. П., Діденко О. В., Лобода О. І. Дубініна С. В.

Анотація

Робота присвячена проблемі, яка виникає в процесі переробки рицинової олії в електричному полі, а саме впливу температури та вологи на електрофізичні властивості рицинової олії. Рицинова олія відрізняється своєю високою діелектричною проникливістю, що дозволяє використовувати її в якості рідкого діелектрика при пропиті ізолюючого паперу, виробництві кабелів, радіоелектроніці та інших цілей. Отримання олії високої якості можливо за рахунок вивчення її електротехнічних властивостей та факторів, які погіршують ці показники. В роботі представлені результати експериментальних досліджень електрофізичних властивостей очищеної та свіжовижатої рицинової олії з різним вмістом води. Отримані залежності питомого опору рицинової олії від температури та вмісту води. Ці залежності дозволяють розрахувати параметри процесу очищення рицинової олії від домішок в електричному полі.

Ключові слова: рицинова олія, електрофізичні властивості, питомий опір, електропровідність, вода, рослинні домішки, температура.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАГИ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАСТОРОВОГО МАСЛА

Назаренко И. П., Диденко А. В., Лобода А. И. Дубинина С. В.

Аннотація

Робота посвящена проблеме, которая возникает в процессе переработки касторового масла в электрическом поле, и именно воздействию температуры и влаги на электрофизические свойства касторового масла. Касторовое масло отличается своей диэлектрической проницаемостью, что позволяет использовать его в качестве жидкого диэлектрика при пропитывании изоляционной бумаги, производстве кабелей, радиоэлектронике и в других целях. Получение масла высокого качества возможно за счет изучения его электротехнических свойств и факторов, которые ухудшают эти показатели. В работе представлены результаты экспериментальных исследований электрофизических свойств очищенного и свежесжатого касторового масла с различным содержанием воды. Получены зависимости удельного сопротивления касторового масла от температуры и содержания воды. Эти зависимости позволяют рассчитать параметры процесса очистки касторового масла от примесей в электрическом поле.

Ключевые слова: касторовое масло, электрофизические свойства, удельное сопротивление, электропроводность, вода, растительные примеси, температура.



THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND MOISTURE ON THE ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF CASTOR OIL

I.Nazarenko, O. Didenko, O. Loboda, S. Dubinina

Summary

We have formulated the problem that occurs when processing vegetable oils at the stage of their filtering. Castor oil is a valuable product due to its physicochemical properties. The quality of the finished product except for such features as color, transparency, density depends on electrophysical parameters (resistivity, dielectric constant, tangent of dielectric loss angle, etc.). Castor oil is one of the main types of non-drying oils. It is widely used in medicine, paint and varnish industry, cable coatings, perfumery, in the production of plastics and metalworking. Recently castor oil has been widely used in the electrical, aviation and printing industries. Castor oil is unique in its chemical composition, in which castor acid accounts for up to 90% and more of all fatty acids, so it is an important strategic raw material. Castor oil has been widely used in engineering, chemical industry, medicine, radio electronics, cosmetology and other sectors of the economy. Castor oil is distinguished by its high dielectric constant, which allows it to be used as a liquid dielectric when impregnating insulating paper, manufacturing capacitors, cables and other purposes. To obtain a quality product, the oil must be purified. Existing conventional cleaning methods (filtration, sedimentation, etc.) do not allow to obtain a quality product or are energy and resource consuming. Therefore, the development of new electrotechnologies for castor oil from vegetable impurities is an urgent scientific and technical task. Electric field oil purification technology involves adding a small amount of water (1... 2%) to castor oil to hydrate the phosphatides, remove the hydrated phosphatides, their impurities, and evaporate the excess water in the electric field. Water and impurities impair the quality and dielectric properties of castor oil. Therefore, the quality of the oil purification and the water content depend on the degree of extraction of both impurities and water.

The results of experimental studies are presented electrophysical properties of purified and fresh castor oil with different water content. We obtained the dependence of the castor oil resistivity on temperature and water content. Resistance, specific resistance, and electrical conductivity of castor oil depending on water content are given. These dependencies allow us to calculate the parameters of the castor oil purification process in an electric field.

Key words; castor oil, electrophysical properties, resistivity, electrical conductivity, water, vegetable impurities, temperature.



УДК 620.92

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-27

РОЗРАХУНОК МАЛОПОТУЖНОГО ВІТРОЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ДОМОГОСПОДАРСТВ

Галько С. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-7991-0311

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

e-mail: galkosv@gmail.com

Постановка проблеми. Сучасна вітроенергетика є однією з найбільш розвинених і перспективних галузей відновлюваної енергетики. Енергія вітру є одним з найбільш розвинутих відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) за останнє десятиліття, забезпечуючи близько 3% споживання електроенергії у світі [1,2].

Згідно з вимогами Європейського Союзу, частка ВДЕ у національному енерговиробництві країн, що прагнуть до його вступу, повинна становити не менше 6%. У 2017 році у світі було встановлено рекордні 160 ГВт потужностей з ВДЕ, з них 56 ГВт — вітрові [3].

Специфіка сільськогосподарського виробництва та невеликих домогосподарств обумовлена відносно невеликим споживанням електроенергії на одиницю земельної ділянки, що вимагає масштабного розвитку малої вітроенергетичної потужності, обладнання для якої обмежуються потужністю до 10 кВт. Маркетингові дослідження ринку вітроенергетичного устаткування (ВЕУ) свідчать про те, що невеликі споживачі мають намір використовувати вітрові установки для задоволення своїх потреб (наприклад, джерела живлення для виробничого і побутового обладнання, освітлення, зарядки автотракторних акумуляторів, тощо) [4].

Дослідження в галузі малої вітроенергетики показують, що світовий ринок цієї галузі знаходиться на початковому етапі розвитку і, відповідно прогнозам Всесвітньої вітроенергетичної асоціації (ВВЕА), приріст світового сектору малої вітроенергетики з 2015 року складає 125 МВт у рік. ВВЕА прогнозує, що до 2020 р. загальна встановлена потужність малих ВЕУ у світі досягне 5 ГВт, а ринок нових невеликих ВЕУ - близько 1 ГВт [5].

Виробники обладнання для малої вітроенергетики зосереджені у п'яти країнах (Канада, Китай, Німеччина, Англія та США) і займають більше 50% світового ринку [6]. В більшості розвинених країн заплановано у першій половині XXI ст. довести частку ВДЕ в загальному енергобалансі до 20...50%.



Досягнення ж України у впровадженні ВДЕ важко назвати суттєвими. Передбачається збільшення частки ВДЕ у загальному балансі встановлених потужностей до 20% до 2021 року [7,8]. Окрім розвитку комерційної відновлюваної енергетики, в Україні є необхідність розвивати некомерційну (“сільську”, “фермерську”, “для двору”). Такі самостійні невеликі системи служать децентралізації енергопостачання, дозволяють диверсифікувати джерела енергії, зробити більш енергонезалежною Україну, і фермерів зокрема [9].

Не дивлячись на великий прогрес у розвитку вітроенергетики у світі, ще неналагоджений серійний випуск невеликих вітроагрегатів (особливо в Україні). Серед факторів такого стану слід відмітити: недостатня увага з боку держав до розвитку малої вітроенергетики; відсутність державного стимулювання виробників та споживачів малих ВЕУ; значна нестача фахівців з проектування і виготовлення вітрових установок; відсутність реклами щодо використання у домогосподарствах енергії вітру.

Такий стан питання створює народно-господарську проблему забезпечення невеликих споживачів різними видами енергії, зменшенням споживання електроенергії, отриманої традиційними засобами тощо. Вирішення цієї проблеми неможливо без рішення науково-технічної задачі, яка полягає в розробці, дослідженні, обґрунтуванні параметрів та режимів функціонування вітроелектромеханічних пристроїв для перетворення енергії вітру в інші види енергії. Одним з етапів вирішення цієї задачі є розробка, експериментальні дослідження і побудова математичних моделей одного з головних конструктивних елементів будь якої ВЕУ – електричного генератора спрощеної конструкції, що підвищить надійність і загальний ККД ВЕУ.

У даній статті приведена будова, принцип дії, методика спрощеного розрахунку малопотужного вітроелектрогенератора (ВЕГ) для домогосподарств з споживанням електричної потужності до 10 кВт.

Аналіз останніх досліджень. Відомо, що в невеликих ВЕУ найбільш розповсюджені багатополюсні синхронні генератори (СГ) з постійними магнітами [10]. У роторі присутні постійні неодимові магніти, які незалежно від сили вітру постійно включені і при найменшому вітрі, ВЕГ починає виробляти електроенергію. Основною перевагою даного генератора є те, що він не містить заліза в статорі або в котушках. Навіть при самому слабкому вітрі він починає працювати, а магнітне залипання відсутнє.

Інтерес до цього класу генераторів обумовлений їх кращими енергетичними показниками, простотою конструкції, великим терміном служби, надійністю, здатністю працювати при високих частотах обертання у важких умовах експлуатації.



Неодимовий магніт, що отримується з металів рідкоземельної групи, має трикомпонентний склад. Найбільшого поширення набули магніти, в складі яких 2 атома неодиму (Nd), 14 - заліза (Fe) і 1 - бор (B) [11]. Вперше постійний магніт на основі формули $Nd_2Fe_{14}B$ був представлений в Японії. Головним виробником цих унікальних магнітів сьогодні є Китай [12].

Відомий безредукторний вітроагрегат [Пат. USA №3740565, кл. 290-55, опубл. 15.01.83р.], що містить горизонтально установлений магнітоелектричний генератор з сегментним ротором і круговим статором. Недоліком цього вітроагрегати є його складність і громіздкість, що потребує великого обсягу будівельно-монтажних робіт.

Вітровий генератор з самозбудженням [13], у вигляді дискових магнітопроводів з зубчастою будовою прилеглих поверхонь, встановлених співвісно з зазором, і обмотки збудження, розташованої в кільцевій канавці на статорі, додаткові якірні обмотки ідентичного виконання, розташовані в шаховому порядку симетрично на зубцях статора і з'єднані паралельно. Недоліком пристрою є низький електричний ККД із-за перегріву якірних обмоток, обумовлений їхнім розташуванням на зубцях сталюого магнітопроводу, і залежність величини генерованої ЕРС від остаточного намагнічування зубців, що ускладнює використання пристрою для роботи протягом року.

Безредукторний малопотужний ВЕГ [14] містить багатополісний дводисковий сталюий ротор, з рівномірно закріпленими по колу на периферії диска постійними магнітами, дзеркально розташованими один до одного різнойменними полюсами, і дисковий статор з якірними котушками без осердя, розташований у повітряному зазорі між дисками багатополісного ротора. Статор виготовлений у вигляді симетрично розташованих по внутрішньому периметру плоских якірних котушок трапецеїдальної форми, з'єднаних згідно послідовно і залитих компаундом. Недоліком пристрою є складність конструкції дводискового ротора і його велика коштовність, обумовлена великою кількістю неодимових магнітів.

На основі виконаного аналізу ВЕГ для ВЕУ малої потужності, робимо висновок, про подальше удосконалення ВЕГ, в якому нове виконання конструктивних елементів та їхнє взаємне розташування дозволило б забезпечити спрощення і здешевлення конструкції, збільшення надійності і ККД електрогенератора.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є розробка малопотужного ВЕГ спрощеної конструкції з високими показниками надійності і ККД та методики його розрахунку.

Основна частина. На основі виконаного аналізу існуючих ВЕГ малої потужності для ВЕУ домогосподарств, розроблено і

запатентовано малопотужний ВЕГ зі здвоєним ротором спрощеної конструкції [15], будова якого наведена на рис. 1.

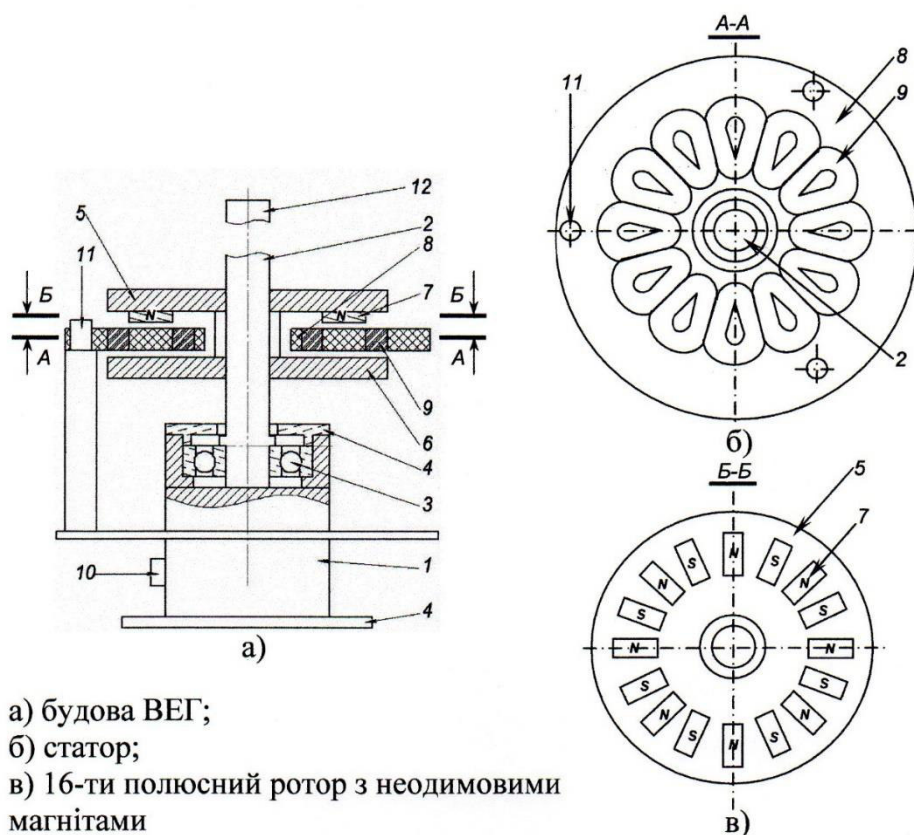


Рис. 1. Малопотужний ВЕГ зі здвоєним ротором спрощеної конструкції, пат. 116122

Розроблений малопотужний ВЕГ зі здвоєним ротором спрощеної конструкції складається з корпусу 1, вала 2, встановленого на підшипниках 3, що закриті з обох сторін кришками 4. На валу 2 розташований дводисковий ротор 5, 6. Диск 6 виконаний сталевим. На диску 5 рівномірно по колу закріплені 16 неодимових магнітів 7 з чергуванням полюсів, закріплені рівномірно по колу на периферії диска, що утворюють багатополісний дисковий ротор (рис. 1, в). Між роторними дисками 5 і 6 з зазором розташований нерухомий пластмасовий (бакелітовий) статор 8 з плоскими якірними котушками 9 трапецієвидної форми без осердя (рис.1, б). Якірні котушки 9 з'єднані згідно послідовно. Статор 8 розташований перпендикулярно осі вихідного валу 2, і залитий разом з котушками компаундом. Кінці обмоток 9 виведені на клемну коробку 10. Шпильками 11 пластмасовий статор 8 жорстко закріплений в корпусі 1. Вал 2 ВЕГ з'єднаний з вихідним валом 12 вітродвигуна (не показано).

Принцип дії ВЕГ. Вихідний вал 12 вітродвигуна, що приводиться у рух вітром, передає обертовий момент через кінематичний зв'язок



валу 2, який, у свою чергу, обертає закріплені на ньому роторний диск 5 з неодимовими магнітами 7 і диск 6. Так як магніти 7 розташовані рівномірно на периферії роторного диску 5, то вони створюють потужний магнітний потік $\Phi_{зб}$, який пронизує плоскі якірні котушки 9 і замикається через сталі роторні диски 5 і 6. При обертанні дисків 5 і 6 магнітний потік $\Phi_{зб}$ постійних магнітів по черзі пронизує якірні котушки 9 і індукує в них змінну ЕРС e_k . Для збільшення вихідної ЕРС якорю e_a котушки 9 з'єднані згідно послідовно в обмотки, кінці яких виведені на клемну коробку 10.

Переваги розробленого ВЕГ такі: не потребує мультиплікатора, так як багатополусне виконання ротора забезпечує збільшення частоти генерованої ЕРС; рівномірне закріплення по колу на периферії першого роторного диску неодимових постійних магнітів забезпечує надійне збудження магнітного поля і стабільність частоти генерованої ЕРС в якірних обмотках; виконання другого диска ротора у вигляді сталеної пластини забезпечує спрощення конструкції, зменшення кількості магнітів, габаритів і вартості конструкції; виконання статорного диска пластмасовим, усуває втрати на нагрів диска, зменшує момент зрушення, що розширює діапазон робочої швидкості вітру; розташування обмоток на нерухомому статорі дозволяє уникнути рухомих контактів, а отже підвищити ККД і надійність генератора; виконання статорних котушок без осердя і сталеного магнітопроводу забезпечує зменшення моменту зрушення генератора, а отже його запуск при незначній швидкості вітру; виготовлення статорних котушок плоскими трапецеїдальної форми покращує компактність статора, збільшує коефіцієнт використання об'єму статора, а отже сприяє зменшенню габариту і маси генератора; з'єднання статорних котушок згідно послідовно забезпечує збільшення ЕРС в обмотках генератора; використання потужних неодимових магнітів сприяє зменшенню габариту і маси генератора.

Цей генератор може бути однофазним (всі обмотки з'єднані послідовно) або трифазним (три групи обмоток). Останній варіант кращий, оскільки в такому разі буде більш висока частота струму при однаковій частоті обертання ротора.

Недоліком розробленого ВЕГ, є зміна вихідної змінної напруги якоря U_a в залежності від швидкості вітру (обертання валу генератора 2 і відповідно, роторних дисків 5,6). Для стабілізації вихідної напруги ВЕГ, пропонується використовувати керований випрямляч, схема електрична принципова якого наведена на рис. 2. Напруга з статорної обмотки 9 (рис. 1) ВЕГ надходить на діодний міст VD керованого випрямляча змінного струму KB . Пульсація постійної напруги U_{VD} згладжується конденсатором C . Температура навколишнього середовища контролюється датчиком DT і подається до блоку

регулювання вихідної напруги BP . Блоком регулювання BP задається значення вихідної напруги керованого випрямляча KB . Коли температура навколишнього середовища або вихідна напруга нижче або вище від встановленого значення, блок регулювання BP відкриває або закриває електронний ключ EK і регулює вихідну напругу керованого випрямляча.

Для розрахунку СГ з постійними магнітами з урахуванням втрат у магнітопроводі існує методика, яка наведена у [16].

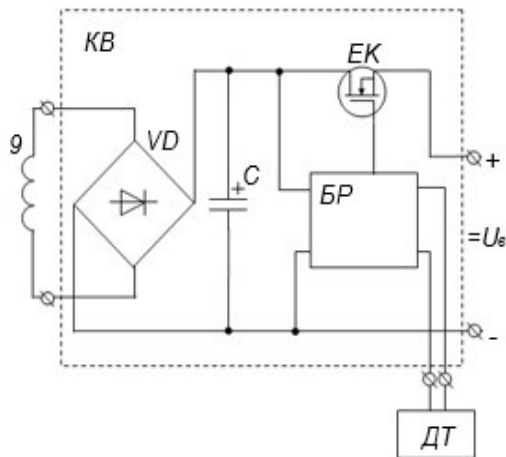


Рис. 2. Керований випрямляч для живлення споживачів постійного струму. Схема електрична принципова

Недоліками цієї методики є: складність розрахунків, генератор з статорним магнітопроводом буде мати значне залипання ротора, а виконання пазів під кутом, для зменшення залипання, збільшать втрати в самому генераторі; виконання обмоток з укороченим кроком, для зменшення паразитних впливів гармонік, призведе до збільшення масо-габаритних розмірів генератора. Отже приведена методика [16] не прийнятна для розрахунку ВЕГ у яких відсутній магнітопровід на статорі.

Тому для розробленого ВЕГ на неодимових магнітах пропонується інша методика розрахунку.

Для розрахунку генератора необхідно знати середнє значення обертів при середньорічній швидкості вітру в даному регіоні. Чим більше число магнітів використаних у генераторі – тим більша буде частота струму в обмотках, і більша ЕРС. При виборі кількості магнітів треба орієнтуватися на середнє значення частоти обертання і на фінансові можливості, магніти з достатнім магнітним потоком недешеві. Розрахуємо вітроустановку потужністю декілька сотень Ватт. Потужність вітроколеса визначаємо за рівнянням [8]:

$$P = C_p \pi D^2 \rho \frac{V_o^3}{8}, \quad (1)$$

де C_p – коефіцієнт потужності вітроколеса;

ρ – густина повітря, кг/м^3 , ($\rho \approx 1,2 \text{ кг/м}^3$);

V_o – швидкість вітру, м/с ;



D - діаметр вітроколеса, м.

У швидкохідних добре спроектованих ВЕУ C_p досягає 0,4 [8].

Діаметр вітроколеса рахуємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{P \cdot 8}{C_p \pi \rho V_o^3}}. \quad (2)$$

Оптимальна швидкохідність вітроколеса дорівнює:

$$Z_o \approx 4\pi/n, \quad (3)$$

де n – кількість лопатей.

Для двохлопатевого вітроколеса $Z_o = 4\pi/2 \approx 6$; для 4-х лопатевого - $Z_o = 4\pi/4 \approx 3$; для 3-х лопатевого - $Z_o = 4\pi/3 \approx 4$ [8].

Найбільш економічні ВЕУ мають по 2 лопаті, але з метою зниження динамічних навантажень рекомендується виготовляти швидкохідні ВЕУ з 3 лопатями.

Формула для визначення частоти обертання вітроколеса:

$$n = \frac{60V_o Z_o}{\pi D}. \quad (4)$$

Фазну напругу холостого ходу СГ розраховуємо за виразом:

$$U_{\phi,XX} = 2 \cdot n \cdot m \cdot N \cdot W_k \cdot B \cdot S, \quad (5)$$

де n – частота обертання ротора з магнітами, c^{-1} ;

m – число магнітних полюсів;

N – кількість котушок у фазі, а для однофазного - число котушок у статорі;

W_k – кількість витків в одній котушці статора;

B – магнітна індукція в зазорі, Тл;

S – площа поверхні одного магніту, m^2 .

З (5) знаходимо потрібну кількість витків котушки:

$$W_k = \frac{U_{\phi,XX}}{2 \cdot n \cdot m \cdot N \cdot B \cdot S}. \quad (6)$$

Значення магнітної індукції в зазорі визначаємо з залежності, яка приведена у [11].

Змінний струм випрямляємо за схемою приведеної на рис. 2. Середнє значення випрямленої напруги дорівнює:

$$U_{CP} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_{\phi,XX} = 2,34 U_{\phi,XX}. \quad (7)$$

Звідки знаходимо фазну напругу холостого ходу:

$$U_{\phi,XX} = 0,425 U_{CP}. \quad (8)$$

Середнє значення струму, який протікає через діодний вентиль, тобто фазний струм однієї обмотки дорівнює:

$$I_{VD} = I_{\phi} = I_{CP} / 3. \quad (9)$$

Визначаємо приблизно переріз обмотувального проводу:

$$S_{об.кот} = 0,7 \sqrt{I_{\phi}}. \quad (10)$$



Розраховуємо опір обмотки генератора за формулою:

$$R_{\phi} = \frac{\rho l}{S}, \quad (11)$$

де ρ – питомий опір проводу, Ом·м, для міді $\rho = 0,0175$ Ом·м;

l – довжина проводу, м;

S – площа перерізу проводу, мм².

При навантаженні втрати в обмотках трифазного СГ дорівнюють:

$$\Delta P = \frac{I_{CP}^2}{3} R_{\phi}. \quad (12)$$

Для прикладу виконаємо розрахунок ВЕГ з номінальною напругою $U_n = 14$ В при номінальному струмі навантаження $I_n = 25$ А, для зарядки акумуляторної батареї.

Розв'язок. Потужність, яку треба отримати від ВЕГ:

$$P_n = U_n \cdot I_n = 14 \cdot 25 = 350 \text{ Вт.}$$

Для розрахунку діаметру вітроколеса D приймаємо значення ККД ВЕГ $\eta = 0,8$, швидкість вітру $V_o = 7$ м/с, і за формулою (2) визначаємо:

$$D = \sqrt{\frac{350 \cdot 8}{0,4 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 7^3}} = 2,33 \text{ м.}$$

Частоту обертання вітроколеса визначаємо за виразом (4):

$$n = \frac{60 \cdot 7 \cdot 4}{3,14 \cdot 2,33} = 3,8 \text{ хв}^{-1} = 3,8 \text{ с}^{-1}.$$

Напругу холостого ходу на виході випрямляча приймаємо на 35% більше номінальної, тобто 19 В.

Фазну напругу холостого ходу визначаємо за формулою (8):

$$U_{\phi, XX} = 0,425 \cdot 19 = 8,1 \text{ В.}$$

Співвідношення кількості полюсів магнітів до якірних котушок повинно бути 4:3 [9]. Приймаємо розмір неодимових магнітів 40x20x10 мм, кількість полюсів $m = 16$, кількість якірних котушок – 12, по 4 на кожну фазну обмотку, $N = 4$. При повітряному зазорі $\delta = 1$ мм, магнітна індукція B для магніту N35 дорівнює 0,5 Тл [11].

Розраховуємо кількість витків у котушці за формулою (6):

$$W_{\kappa} = \frac{8,1}{2 \cdot 3,8 \cdot 16 \cdot 4 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 10^{-4}} = 41,6 \text{ витка.}$$

Приймаємо 42 витка у котушці, тобто 168 витків у фазній обмотці.

Фазний струм визначаємо за виразом (9):

$$I_{\phi} = 25/3 = 8,35 \text{ А.}$$

Переріз обмотувального проводу дорівнює (10):

$$S_{\text{об. кот}} = 0,7 \sqrt{8,35} = 2 \text{ мм}^2.$$

У програмі Компас будуємо модель ВЕГ і визначаємо довжину мідного проводу для намотки котушок однієї фази рівну 28 м. Опір фази визначаємо за формулою (11):



$$R_{\phi} = \frac{0,0175 \cdot 28}{2} = 0,245 \text{ Ом.}$$

При $I_n = 25 \text{ А}$ втрати в обмотках будуть дорівнювати (12):

$$\Delta P = \frac{25^2}{3} \cdot 0,245 = 51,04 \text{ Вт.}$$

Використовуючи запропоновану методику розрахунку ВЕГ можна визначити розрахункову потужність при будь якій швидкості вітру і струмі навантаження (таблиця 1). На рис. 3–5 зображені розрахункові характеристики для 12-ти полюсного ВЕГ.

На рис. 3–5 зображені розрахункові характеристики для 12-ти полюсного ВЕГ.

Таблиця 1

Розрахункова потужність ВЕГ при швидкості вітру 12 м/с і струмі навантаження 25 А

Кількість магнітних полюсів, m	4	8	12	16	20
Потужність ВЕГ, Вт	220	440	660	880	1100

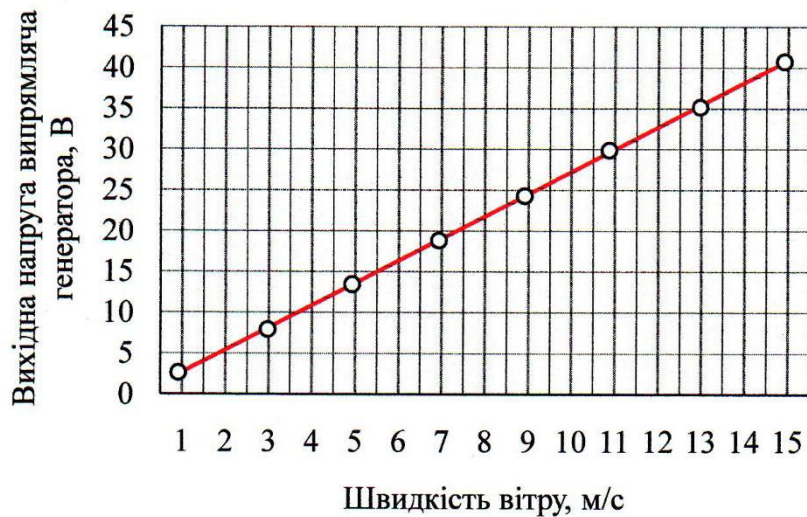


Рис. 3. Залежність вихідної напруги холостого ходу випрямляча ВЕГ від швидкості вітру



Рис. 4. Зовнішня характеристика ВЕГ



Рис. 5. Залежність потужності ВЕГ від швидкості вітру при струмі навантаження 25 А

Висновки. На основі аналізу існуючих малопотужних ВЕГ і виявлених конструктивних недоліків розроблено малопотужний ВЕГ (до 10 кВт) зі здвоєним дводисковим ротором спрощеної конструкції з використанням неодимових магнітів, що відрізняється надійністю та підвищеним ККД. Доведено недоцільність використання методики розрахунку синхронного генератора з постійними магнітами і визначені її недоліки. Запропоновано методику розрахунку ВЕГ на неодимових магнітах, яка відрізняється простотою та практичністю, при використанні якої можна розрахувати основні параметри ВЕГ при різній швидкості вітру, кількості полюсів та якірних котушок.

Список використаних джерел.

1. Gan L. K., Echenique Subiabre E. J. A realistic laboratory development of an isolated wind-battery system. *Renewable Energy*. 2019. P. 645-656.
2. Merizalde Y., Hernández-Callejo L., Duque-Perez O. Maintenance models applied to wind turbines. A comprehensive overview. *Energies*. 2019. Vol. 12, No 2. DOI: <https://doi.org/10.3390/en12040680>.
3. Juangsa, F. B., Budiman, B. A., Aziz, M., Soelaiman, T. A. F. Design of an airborne vertical axis wind turbine for low electrical power demands. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*. 2017. Vol. 8, No 4. P. 293-301. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40095-017-0247-3>.
4. Зінченко А., Михайленко О. «Зелена» революція в Україні: для усіх чи для обраних. *Економічна правда*. 2018. 16-19 січня. (№ 17). URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2018/02/16/634141/> (дата звернення: 20.03.2018).



5. Жарков В. Я., Жарков А. В., Галько С. В. Технічні рішення в енергозбереженні та енергоефективності. *Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти*: колективна монографія / за заг. ред. П. М. Макаренка, О. В. Калініченка, В. І. Аранчій. Полтава: ПП "Астра", 2019. С. 401-426.

6. Галько С. В., Жарков В. Я., Жарков А. В. Технології та засоби перетворення відновлюваних джерел енергії для приватних домогосподарств: монографія. Мелітополь: Люкс, 2019. 215 с.

7. World Wind Energy Report 2012_final. URL: <https://wwindea.org/blog/2016/10/10/wwea-half-year-report-worldwind-wind-capacity-reached-456-gw/> (дата звернення: 20.03.2020).

8. Twidell J., Weir T. Renewable Energy Resources. London and New York: Taylor & Francis, 2006. 601p.

9. Гребеников В. В. Електрогенератори з постійними магнітами для вітроустановок та мікроГЕС. *Гідроенергетика України*. 2011. № 1. С. 43-48.

10. Малопотужний вітроелектрогенератор зі здвоєним дводисковим ротором спрощеної конструкції: пат. 116122 Україна: МПК H02K21/26, F03D7/06, F03D1/06. №201611504; заявл. 14.11.2016; опубл. 25.05.2017, Бюл. №10.

11. Расчет и проектирование ветроэлектрических установок с горизонтально-осевой ветротурбиной и синхронным генератором на постоянных магнитах: навч. посіб. / А. И. Яковлев и др. Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2006. 125 с.

РОЗРАХУНОК МАЛОПОТУЖНОГО ВІТРОЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ДОМОГОСПОДАРСТВ Галько С. В.

Анотація

В статті виконано аналіз існуючих малопотужних ВЕГ (до 10 кВт) і виявлені їх конструктивні недоліки. При усуненні виявлених недоліків розроблено малопотужний ВЕГ зі здвоєним дводисковим ротором спрощеної конструкції з використанням неодимових магнітів, що відрізняється надійністю та підвищеним ККД. Доведено недоцільність використання методики розрахунку синхронного генератора з постійними магнітами при розрахунку ВЕГ на неодимових магнітах. Запропоновано методику розрахунку ВЕГ на неодимових магнітах, яка відрізняється простотою та практичністю, при використанні якої можна розрахувати основні параметри ВЕГ при різній швидкості вітру, кількості полюсів та якірних катушок.

Ключові слова: енергія вітру, вітроелектрогенератор, ротор, якір, неодимові магніти, потужність, швидкість вітру.



РАСЧЕТ МАЛОМОЩНОГО ВЕТРОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ДОМОХОЗЯЙСТВ

Галько С. В.

Аннотация

В статье выполнен анализ существующих маломощных ВЭГ (до 10 кВт) и выявлены их конструктивные недостатки. При устранении выявленных недостатков разработан маломощный ВЭГ со сдвоенным двухдисковым ротором упрощенной конструкции с использованием неодимовых магнитов, что привело к повышению надежности и КПД генератора. Доказана нецелесообразность использования методики расчета синхронного генератора с постоянными магнитами при расчете ВЭГ на неодимовых магнитах. Предложена методика расчета ВЭГ на неодимовых магнитах, которая отличается простотой и практичностью, при использовании которой можно рассчитать основные параметры ВЭГ при разной скорости ветра, количестве полюсов и якорных катушек.

Ключевые слова: энергия ветра, ветроэлектрогенератор, ротор, якорь, неодимовые магниты, мощность, скорость ветра.

CALCULATION OF A LOW-POWER WIND ELECTRIC GENERATOR FOR HOUSEHOLDS

Halko S.

Summary

The article analyses the existing low-power WEG (up to 10 kW) and reveals their design flaws. During the elimination of the identified shortcomings, the low-power WEG with a dual two-disc rotor of a simplified design using neodymium magnets was developed. It has the following advantages: the execution of a multi-pole rotor ensures an increase of a frequency of a generated EMF, which eliminates the use of a multiplier; uniform fixation in a circle on the periphery of the first rotor disk of neodymium permanent magnets provides reliable excitation of the magnetic field and frequency stability of the generated EMF in the armature windings; the implementation of the second rotor disk in the form of a steel plate provides a simplification of the construction, reduction of the number of magnets, dimensions and cost of the construction; the implementation of the stator plastic disk eliminates the loss on heat of the disk, reduces the shift moment, which extends the range of operating wind speed; the arrangement of the windings on a fixed stator avoids moving contacts, and thus increases the efficiency and reliability of the generator; the implementation of stator coils without core and steel magnetic circuit ensures the reduction of the moment of displacement of the generator, and therefore its start at low wind speed; the manufacture of stator coils with flat trapezoidal shape improves the stator compactness, increases the stator volume utilization factor, and thus contributes to the reduction of the size and the mass of the generator; the use of powerful neodymium magnets reduces the size and the mass of the generator.

It is proved inappropriate to use the method of calculation of a synchronous generator with permanent magnets in the calculation of WEG on neodymium magnets.

The method of calculation of WEG on neodymium magnets is offered. The method is simple and practical, using which it is possible to calculate the basic parameters of WEG under different wind speed, number of poles and armature coils.

Key words: wind energy, wind electric generator, rotor, armature, neodymium magnets, power, wind speed.



УДК 004.9:621.83

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-28

МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ПЕРЕДАЧ

Дереза О. О., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-8933-782X

Дереза С. В.

ORCID: 0000-0001-9797-0967

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

e-mail dereza.elena@ukr.net

e-mail: derezasv2017@gmail.com

Постановка проблеми. На сьогодні створено велику кількість програмно-методичних комплексів комп'ютерного моделювання з різним ступенем спеціалізації і прикладної орієнтації. Комп'ютерне моделювання є невід'ємною частиною при проектуванні різних машин і механізмів, зокрема в агропромисловому комплексі [1]. В результаті комп'ютерне моделювання стало необхідною складовою підготовки фахівців різних спеціальностей. Інженер, який не володіє знаннями і не вміє працювати з програмами комп'ютерного моделювання, не може вважатися повноцінним фахівцем. Успіхи, досягнуті в останні роки у сфері використання обчислювальної техніки, математичного моделювання і методів оптимізації, відкриває нові можливості для здійснення високоефективної автоматизації проектно-конструкторських робіт і прискорення на цій основі науково-технічного прогресу в різних галузях науки і техніки [2-5].

Разом зі зростанням можливостей комп'ютерів для виконання наукових та інженерних досліджень зростають і проблеми, пов'язані з їх створенням та застосуванням. Одне із завдань математичного моделювання – дослідити в комп'ютерному середовищі властивості машинної задачі, побудувати алгоритм отримання наближеного розв'язку та дати оцінку його точності. Викладачі технічних дисциплін зобов'язані враховувати у своїй діяльності всі науково-технічні досягнення в цій галузі з метою забезпечення належного рівня знань і навичок студентів, адекватного потребам сфери матеріального виробництва і комерційного ринку [6-8].

Аналіз останніх досліджень. Питання використання 3D-технологій у різних галузях людської діяльності вивчаються багатьма науковцями (М. В. Чугунов, С. Онищенко, В. О. Бережний, К. В. Бережна, С. В. Андрієнко, А. В. Устиненко, О. В. Струтинська та ін.). Аналізуючи наукові роботи в галузі комп'ютерної графіки, було виявлено, що більшість досліджень, у яких розглядається побудова



об'ємних зображень, висвітлюють послідовність їх створення за допомогою певного програмного забезпечення, але причину вибору графічного пакету та його переваги над програмних забезпеченням, за допомогою якого можна виконувати схожі побудови, практично не розглядаються [9-14].

Формулювання цілей статті. Аналітичні розрахунки використовуються в основному для попереднього проектування приводів. Однак, в даний час все більше уваги приділяється оптимізації таких систем. Чисельне моделювання якраз дозволяє врахувати безліч зовнішніх чинників в сукупності з нелінійностями в реальних системах. Наприклад: гнучкість валів, жорсткість підшипників, жорсткість зубів в зачепленні, окружний зазор, погрішність зубчастого зачеплення, тертя та інші.

Метою статті є аналіз функціональних можливостей інженерних комп'ютерно-графічних систем, а також систем тривимірного проектування та обґрунтування вибору оптимального програмного пакету навчання для створення об'ємного комп'ютерного проекту в процесі підготовки майбутніх інженерів.

Основна частина. Зубчасті колеса є одними з найбільш поширених деталей різних машин і механізмів. Вони являють собою невід'ємні компоненти зубчастих передач, і від того, наскільки якісно будуть розроблені, багато в чому залежить довговічність і надійність функціонування пристроїв, що випускаються. 3Д моделювання набагато ефективніше традиційних креслень і двомірних зображень проєктованих виробів, адже дозволяє в деталях оцінити характеристики об'єкта на початкових етапах роботи [15,16].

Застосування твердих методів моделювання дозволяє автоматизувати кілька складних інженерних розрахунків, які проводяться як частина процесу проектування. Крім традиційного виробництва, тверді методи моделювання є основою для швидкого прототипування цифрових архівних даних і зворотного проектування за допомогою відновлення твердих частинок з вибірковок точок на фізичних об'єктах, з використанням механічного аналізу кінцевих елементів, кінематичний і динамічний аналіз механізмів, і так далі.

Головною проблемою у всіх цих додатків є здатність ефективно представляти та маніпулювати тривимірну геометрію таким чином, що узгоджується з фізичною поведінкою реальних артефактів. Дослідження і розробка моделювання твердих тіл ефективно вирішило багато з цих питань, і продовжує залишатися в центрі уваги комп'ютерного проектування. Комп'ютерні технології є запорукою створення конкурентоспроможної продукції в усіх галузях народного господарства. Застосування новітніх інформаційних технологій визначає рівень науково-технічного розвитку держави [17,18].

Сучасні технології розробки машин і механізмів передбачають обов'язкове тривимірне моделювання їх деталей. Це дозволяє не тільки провести візуалізацію, але також швидко і з високим ступенем точності визначити самі різні параметри і характеристики виробів. На основі тривимірних моделей створюються різні види креслень, так необхідних у виробництві.

Для того щоб передаточне відношення було постійним, необхідно вибрати такий профіль зубів, щоб при зачепленні пари зубів в будь-якому положенні полюс зачеплення зберігав своє становище на лінії центрів. Цій умові задовольняють профілі зубів, окреслені евольвентами кіл.

Евольвентою кола називається крива, яку описує будь-яка точка прямої, що перекочується по колу без ковзання. Пряму, що перекочується, називають твірною або відтворюючою прямою, вона являє собою рухому центроїду, а коло, відповідно, є нерухомою центроїдою (рис. 1).

В теорії зачеплення коло, на якому лежать центри кривини евольвенти кола, називають основним або еволютою, оскільки воно служить основою для побудови евольвенти. Профіль зуба побудовано саме по евольвенті. Зуби з евольвентним профілем визначають параметри, які характеризують положення будь-якої точки евольвенти.



Рис. 1. Побудова евольвенти кола

Рівняння евольвенти в параметричному виді [2]

$$r_y = \frac{r_b}{\cos \alpha_y}, \quad (1)$$

де r_y – радіус-вектор;

α_y – кут профілю.

Формула для визначення евольвентного кута отримується за умовами перекочування твірної по основному колу без ковзання

$$\theta = \operatorname{tg} \alpha_y - \alpha_y = \operatorname{inv} \alpha_y, \quad (2)$$

де $\operatorname{inv} \alpha_y$ – тригонометрична функція, яка називається інволютою кута α_y .

Побудувати модель зубчастого колеса в КОМПАС таким способом досить складно та потребує значного часу. Для спрощення побудови зубчастого колеса та отримання тривимірної моделі можна скористатися бібліотекою КОМПАС-SHAFT 2D та КОМПАС-3D. Створюючи циліндричне зубчасте колесо, задають параметри і запускають розрахунок. Після розрахунку отримуємо креслення циліндричного зубчастого колеса і при необхідності можна згенерувати тривимірну модель колеса [12, 18, 19].

Для побудови моделі зубчастого колеса в КОМПАС-3D створюється ескіз колеса, потім створюється тіло обертання. Моделювання зуба отримується спрощеною побудовою зображення. За допомогою масиву створюється зубчастий вінець. Тобто, побудова моделі зубчастого колеса безпосередньо в КОМПАС-3D набагато складніша, ніж генерація твердотільної моделі в КОМПАС- Shaft 2D.

Першою САПР, що підтримує твердотільне моделювання для платформи Windows, стала система SolidWorks. SolidWorks призначено для кінематичного і геометричного проектування зубчастих зачеплень. Контури зубів описуються сплайном або сукупністю кіл, що імітують евольвентний профіль.

Аналогом КОМПАС-Shaft 3D для SolidWorks можна вважати додаток GearTeq. Цей додаток, як і КОМПАС-SHAFT 2D, дозволяє заощадити час, що важливо для виробництва і виключає можливі помилки неуважності.

Створення 3D-моделі в цих програмах (КОМПАС-Shaft3D та SolidWorks) реалізується автоматично відповідно до набору заданих параметрів. Для аналізу міцності і жорсткості елементів механічних передач використовуються стрижневі кінцевоелементні моделі, максимально адаптовані до розрахункових схем даного типу [11, 17].

В Компас 3D та SolidWorks є один незаперечний плюс, навіть у порівнянні з більш потужними 3D додатками – все просто і швидко будується і збирається. У графічній області до компонентів застосовуються різні кольори, вибір яких залежить від значення

властивості, за яким виконується сортування, вибирається фон зображення (рис. 2).

Візуалізація – це останній, а значить, найвідповідальніший етап створення тривимірного проекту. Застосування різних кольорів допомагає наочно уявити значення властивості кожного компонента. Але більш реалістичне зображення отримати не можна. Для якісного рендерингу необхідно додаткові 3D-редактори, такі як KeyShot, PhotoWorks або RealView тощо.

Полігональне або твердотільне моделювання дуже популярно і використовується практично у всіх програмах. Це універсальне уявлення, за допомогою якого створюються 3D моделі будь-якого призначення. Зараз майже кожен додаток для моделювання дозволяє виробляти також маніпуляції з кольором, освітленням і текстурою 3D моделі. Після всіх налаштувань виконується рендеринг, або візуалізація, завдяки якому зовнішній вигляд моделі можна оцінити наочно.

Для максимально реалістичного зображення об'ємного графічного об'єкту підходить найбільш професійний продукт – 3ds-max. Реалістичне зображення при візуалізації моделі, включаючи освітлення і текстурування, можна отримати використовуючи такі інструменти, як V-Ray або Corona. Це поширений метод моделювання, який використовується для створення складних і низькополігональних моделей.

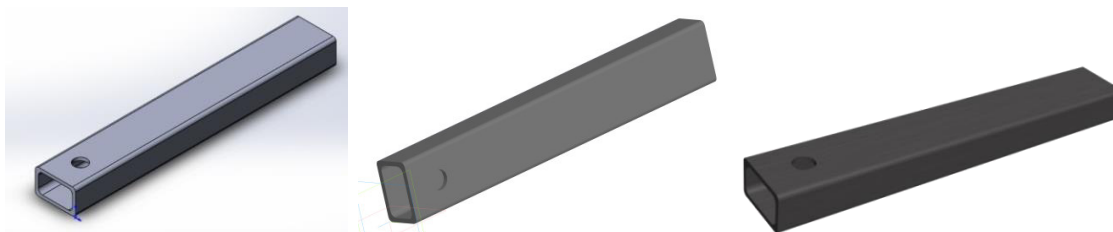


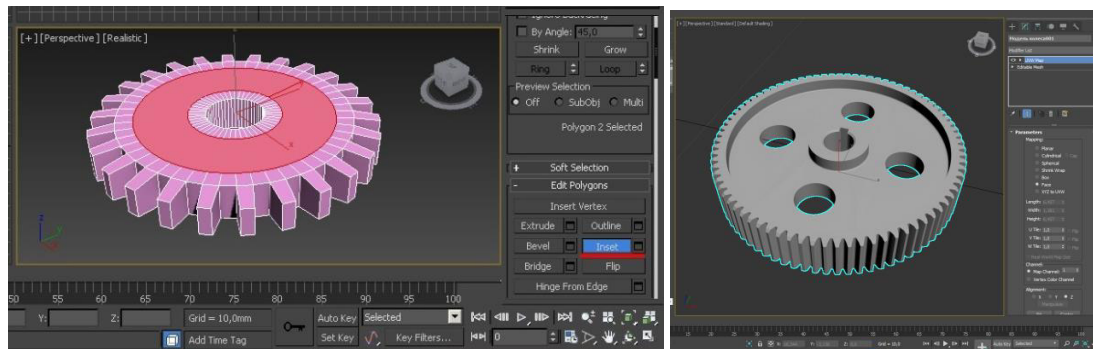
Рис. 2. Вибір кольорів до моделей в КОМПАС, SolidWorks та 3ds-max

Створити зубчасті колеса можна безпосередньо в 3ds-max. Але це також робиться «вручну», тобто поетапно будуються окремі поверхні. Цей спосіб не найкращий – він складний і неточний [12].

Основою деталі, як правило, є циліндр з отвором, тобто туба. Після конвертації деталі в Editable Poly праця йде з полігонами і модифікаторами. Наприкінці отримаємо спрощену модель зубчастого колеса, зубці якої побудовані не по евольвенті (рис. 3, а).

Для точної побудови колеса простіше створити модель в КОМПАС-3D або в SolidWorks, зберегти у відповідному форматі (STEP) та імпортувати в 3ds-max (рис. 3, б). Також у 3ds-max як і

КОМПАС-3D або в SolidWorks можна створити збірку механічної передачі точно по координатах (рис. 4). Надалі за необхідністю робиться анімація роботи передачі, візуалізація і збереження анімації у відео форматі.



а)

б)

Рис. 3. Модель зубчастого колеса в 3ds-max
а) побудованого; б) імпортованого

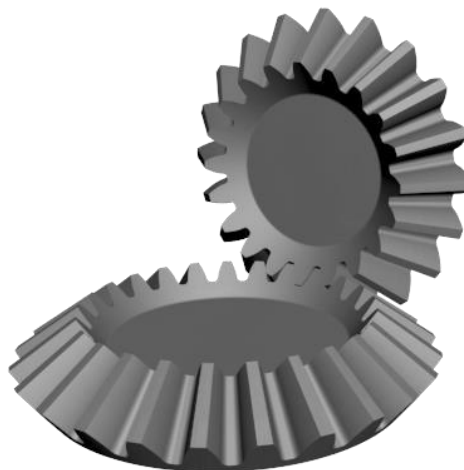


Рис. 4. Візуалізація (рендеринг) імпортованої конічної передачі в 3ds-max

В галузі промислового виробництва для проектування нової продукції завжди необхідно створювати моделі – прототипи майбутньої продукції. Виготовлення дослідного зразка – це досить дорогий та трудомісткий етап виробництва.

Сучасні системи САПР надають можливості не тільки проектування виробів, а й створення відеоряду, що дозволяє показати ці вироби у всій їх «3D-красі», наприклад, в рекламних цілях. Модулі, що виконують ці функції мають широкий набір можливостей, зокрема, дозволяють побачити роботу пристроїв в динаміці.

Використовуючи 3D-принтери, можна значно прискорити весь процес. Особливо це актуально для машинобудування та багатьох інших галузей виробництва. Аналіз створеного за допомогою 3D-



друкування макету допомагає знайти недоліки в конструкції ще на етапі розробки [15].

Для того, щоб провести незалежний аналіз кількох програм, потрібно мати досвід роботи у кожній із них. Це неможливо через те, що на вивчення програмних пакетів тривимірної графіки потрібно витратити місяці або й роки. Також потрібно зважати на індивідуальний фактор, адже одним зручно працювати з одним програмним забезпеченням, а іншим з другим [10].

Висновки. Широке застосування 3D-моделювання знаходить в такій галузі промисловості, як машинобудування. Інженери з допомогою спеціалізованих пакетів комп'ютерних програм створюють тривимірні моделі тих деталей, які вони розробляють для того, щоб візуально їх оцінити і згодом використовувати отримані зображення для оформлення різної технічної документації.

Більшість програм тривимірного моделювання забезпечує підтримку самих популярних форматів 3D-моделей (STEP, ACIS, IGES, DWG, DXF), що дозволяє організовувати ефективний обмін даними між різними організаціями і замовниками, які використовують будь-які системи CAD/CAM/ CAE в роботі.

Таким чином, за допомогою такої сучасної технології, як тривимірне моделювання, розробники можуть отримувати максимально реалістичні зображення тих деталей і вузлів, які вони проєктують. 3D-моделювання дозволяє успішно проводити візуалізацію тих об'єктів, які ще не існують, а знаходяться поки на стадії конструювання.

Список використаних джерел

1. Boltyanska N. Ways to Improve Structures Gear Pelleting Presses. *TEKA. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. Lublin-Rzeszow, 2018. Vol. 18, No 2. P. 23-29.
2. Rogovskii I. Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. *MOTROL. Lublin*. 2016. Vol. 18, No 3. 155-164.
3. Boltyansky O. V. Analysis of the main areas of resource conservation in animal husbandry. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2016. Vol. 18, No 13. P. 49-54.
4. Boltyansky O. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol.16, No 2. P. 49-54.
5. Zabolotko O.O., Performance indicators of farm equipment. *Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference "Kramar Readings" 2017*. P. 155-158



6. Boltyansky O. V. The development of the pig industry and the competitiveness of its products. *MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*, 2012. Vol. 14, No 3b. P. 164-175.

6. Rogovskii I. Analytical provision of regular preventive maintenance of agricultural machinery and system implementation. *MOTROL. Lublin*. 2017. Vol. 19, No 3. P. 185-191.

7. Boltyanskaya N. I. Indicators of an estimation of efficiency of application of resources but Gauci technologies in animal husbandry. *Bulletin of Sumy national agrarian University. A series of "Mechanization and automation of production processes"*. Amount. 2016. Vol. 10/3 (31). P. 118-121.

8. Rogovskii I. Choice of model class and method of modeling the resilience of agricultural machinery. *ТЕКА. Lublin–Rzeszów*. 2017. Vol. 17, No 3. P. 101-114.

9. Boltyanska N. Justification of Choice of Heating System for Pigsty. *ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. 2018. Vol. 18, No 1. P. 57–62.

10. Ожга М. М. Методика навчання систем 3D проектування майбутніх інженерів-педагогів комп'ютерного профілю: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. Харків, 2015. 284 с.

11. Евольвента кола, її властивості та рівняння. Studfiles. URL: <https://studfile.net/preview/7122243/page:42/> (дата звернення 20.02.2019).

12. Дереза О. О., Коломієць С. М. Проектування привода транспортера в САПР КОМПАС. Курсове проектування з інженерної механіки (деталей машин): навч. посіб. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 197с.

13. Чугунов М. В. Моделирование и анализ элементов механических передач в среде SolidWorks на базе API. *Вестник Мордовского университета*. 2014. № 1. С. 148–153.

14. Создаем и анимируем зубчатые колеса в 3ds max. URL: <https://repetitor3d.ru/3dsmax/modelirovanie-zubchatogo-kolesa-v-3ds-max> (дата звернення: 13.04.2020)

15. Струтинська О. В. Сучасний стан і перспективи розвитку технологій тривимірного моделювання та друкування. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. Київ, 2018. Вип. 20 (27). С. 88-94.

16. Кравцов Е. М., Кравцова Е. М., Карпюк Л. В. Застосування методів комп'ютерної графіки в курсовому проектуванні з дисципліни "Деталі машин". URL: http://www.nbu.gov.ua/portal/soc_gum/vsunu/2010_7_2/kravcova.pdf (дата звернення: 18.03.2020).



17. Chugunov M. V. Multi-disciplinary integration of engineering courses based on API-programming for CAD/CAE. *2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning*. Kazan, 2013.

№ 6644556. P. 138-139. DOI: 10.1109/ICL.2013.6644556

18. Дереза О. О., Коломієць С. М. Лабораторний практикум з інженерної механіки (деталей машин): навч. посібник. Мелітополь: Х-Terra, 2019. 159 с.

19. Проців В. В., Зіборов К. А., Твердохліб О. М. Проектування редукторів з використанням САПР КОМПАС : навч. посібник. Дніпропетровськ.: Національний гірничий університет, 2011. 178 с.

20. Бережний В. О., Матюшенко М. В., Федченко Г. В. Побудова 3D-моделі зубчастих коліс у додатку GEARTEQ. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ"*. Сер.: *Машинознавство та САПР*. 2018. № 25 (1301). С. 22-25.

МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ПЕРЕДАЧ

Дереза О. О., Дереза С. В.

Анотація.

У статті проаналізовано основні програмні продукти комп'ютерного моделювання з використанням 3D-технологій при розрахунках і проектуванні механічних передач. 3D моделювання набагато ефективніше традиційних креслень і двовірних зображень проєктованих виробів, оскільки дозволяє в деталях оцінити характеристики об'єкта на початкових етапах роботи.

Встановлено, що найбільш точні моделі механічних передач можна отримати в більш популярних додатках для КОМПАС-3D - SolidWorks. У цих програмах є один незаперечний плюс, навіть у порівнянні з більш потужними 3D додатками - все просто і швидко будується і збирається, створені 3D-моделі реалізується автоматично відповідно до набору заданих параметрів. Для аналізу міцності і жорсткості елементів механічних передач використовуються стрижневі кінцевоелементні моделі, максимально адаптовані до розрахункових схем даного типу.

Для максимально реалістичного зображення об'ємного графічного об'єкта підходить самий професійний продукт - 3ds-max. Для точного побудови колеса простіше створити модель в КОМПАС-3D або в SolidWorks, зберегти з відповідним розширенням і імпортувати в 3ds-max.

Ключові слова: механічні передачі, евольвентний профіль, 3D-моделювання, КОМПАС, SolidWorks, 3D-технології, 3ds-max, графічний об'єкт, твердотельное моделювання, рендеринг.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

Дереза Е. А., Дереза С. В.

Аннотация.

В статье проанализированы основные программные продукты компьютерного моделирования с использованием 3D-технологий при расчетах и проектировании механических передач. 3D моделирование намного эффективнее традиционных чертежей и двухмерных изображений проектируемых изделий,



поскольку позволяет в деталях оценить характеристики объекта на начальных этапах работы.

Установлено, что наиболее точные модели механических передач можно получить в более популярных приложениях для КОМПАС-3D, SolidWorks. В этих программах есть один неоспоримый плюс, даже по сравнению с более мощными 3D приложениями - все просто и быстро строится и собирается, созданные 3D-модели реализуются автоматически в соответствии с набором заданных параметров. Для анализа прочности и жесткости элементов механических передач используются стержневые конечноэлементные модели, максимально адаптированные к расчетным схемам данного типа.

Для максимально реалистичного изображения объемного графического объекта подходит самый профессиональный продукт - 3ds-max. Для точного построения колеса проще создать модель в КОМПАС-3D или в SolidWorks, сохранить с соответствующим расширением и импортировать в 3ds-max.

Ключевые слова: механические передачи, эвольвентный профиль, 3D-моделирование, КОМПАС, SolidWorks, 3D-технологии, 3ds-max, графический объект, твердотельное моделирование, рендеринг.

MECHANICAL TRANSMISSION MODELING

O. Dereza, S. Dereza

Summary

Computer modeling has become a necessary part of training specialists in various specialties. An engineer who does not have the knowledge and skills of computer simulation programs cannot be considered a full-fledged specialist. The successes achieved in recent years in the field of the use of computer engineering, mathematical modeling and optimization methods, opens up new opportunities for the implementation of highly efficient automation of design works and accelerate on this basis scientific and technological progress in various fields of science and technology.

Gears are one of the most common parts of various machines and mechanisms. They are integral components of gears, and the quality and reliability of the devices manufactured depend on how well they will be developed.

The basic computer simulation software using 3D technologies in the calculation and design of mechanical gears is analyzed. 3D modeling is much more effective than traditional drawings and two-dimensional images of designed products, because it allows you to evaluate in detail the characteristics of the object in the initial stages of operation.

It has been found that the most accurate mechanical gear models are available in the more popular applications for COMPASS-3D, SolidWorks. In these programs there is one clear plus, even compared to more powerful 3D applications - everything is simple and quickly built and assembled, creation of a 3D model is realized automatically according to a set of set parameters. For the analysis of the strength and rigidity of the elements of mechanical transmissions rod finite element models are used, which are maximally adapted to the calculation schemes of this type.

For the most realistic image of a 3D graphic object is the most professional product - 3ds-max. For accurate wheel construction, it's easier to build a model in COMPASS-3D or SolidWorks, save with the appropriate extension, and import into 3ds-max.

Key words: mechanical gears, involutes profile, 3D modeling, КОМПАС-3D, SolidWorks, 3D technologies, 3ds-max, graphic object, solid state modeling, rendering.



УДК 004.891.2: 636.035

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-29

МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА НА ПРИКЛАДІ ВИРОЩУВАННЯ ОВЕЦЬ

Лубко Д. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-2506-4145

Зінов'єва О. Г., ст. викл.

ORCID: 0000-0003-3760-8952

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

e-mail: di75ma@gmail.com

Постановка проблеми. Вівчарство - окрема галузь тваринництва, яка забезпечує розведення овець і виготовлення сировини для легкої промисловості (шерсть, овчина, смушки) і харчових продуктів (молоко, м'ясо, сало). Найціннішим продуктом є шерсть, яку використовують у виробництві тканин, трикотажу, килимів, валяних виробів, тощо. Зі шкір овець виготовляють хутряні вироби. З молока грубошерстих овець виробляють сири [1-3].

Найбільш сприятливими для ведення вівчарства є посушливі степи, напівпустелі та гірські райони, що займають великі території. Вівчарства набуло розвитку в посушливих частинах помірної та субтропічної зон Південної та Північної Америки, Австралії, Південної Європи, Центральної та Середньої Азії, Південної Африки. На поширення вівчарства вплинуло також те, що у майже у всіх релігіях світу вівця не відноситься до заборонених тварин [4,5].

Останні роки характеризуються загальним, хоч і незначним, зростанням виробництва овечого молока, м'яса. Виробництво вовни зменшується, що пояснюється зменшенням попиту через збільшення виробництва тканин з штучного волокна [6-8].

Вівчарство в Україні в не такі вже й далекі часи було одним з головних напрямів тваринництва. поголів'я становило майже 10 млн. Рентабельність галузі підтримувалась за рахунок відносно високих цін на вовну, її потреб для виробництва в легкій промисловості.

Найбільша концентрація поголів'я припадала на гірські райони Прикарпаття і Закарпаття, в яких наявність важкодоступних для ВРХ кормових ресурсів особливо велика. Вівці ж випасаються на крутих схилах, де висота над рівнем моря понад 800 метрів.

З переходом на ринкові умови в АПК поголів'я овець значно скоротилося. Це зумовлено низкою чинників. Передусім за роки незалежності знизилась ціна на вовну, а ткацький комбінат у Чернігівській області припинив приймати цю сировину. Вести



рентабельно вівчарство можна б і за рахунок покращення годівлі молодняку на м'ясо. Тут посприяли б бюджетні дотації на корми.

Розвиток вівчарства стримує і віддаленість гірських пасовищ від населених пунктів, незадовільні умови праці вівчарів упродовж періоду їх перебування на полонинах, труднощі з використанням техніки для доставки виробленої продукції до місця реалізації.

Не можна стверджувати, що держава сповна відвернулася від галузі. Певна фінансова допомога надавалася. Невирішені питання у галузі гальмують процес покращення структури породистості овець, збільшення їх чисельності м'ясо-вовняного та м'ясного напрямів. Без державного втручання складно підтримувати позитивну рентабельність вівчарства — через надмірну вартість кормів і низькі ціни реалізації виробленої продукції. Вирішення цих проблем призвело б до зростання поголів'я овець і, відповідно, створення робочих місць у депресивних гірських районах, а також до наповнення місцевих бюджетів.

Також серед головних факторів, що стримують розвиток вівчарства: відсутність власної племінної породи та незначні обсяги виробництва м'яса в господарствах [9].

Сьогодні ми спостерігаємо постійне збільшення обсягів інформації, яка використовується у різних сферах діяльності людини, зокрема економіці, науці, виробництві. Причому тенденція на подальше збільшення обсягів даних, що обробляються, зберігаються, накопичуються та використовуються, постійно підтверджується науково-практичними дослідженнями [10].

Звичайно для обробки даних та задоволення інформаційних потреб користувачів призначені інформаційні системи. Але сучасний стан технологічного та інформаційного розвитку вимагає від таких програмних комплексів використовувати елементи штучного інтелекту, моделі подання знань, бази знань тощо. Одним із таких прикладів поєднання штучного інтелекту та інформаційних програмних продуктів, є наприклад експертна система, що дозволяє проводити обробку корисних даних та забезпечити спілкування з користувачем [11-13].

Інформатизація всіх сфер діяльності, у тому числі сільськогосподарського виробництва і, зокрема, тваринництва, зумовлює необхідність застосування принципово нового підходу до управління господарством. Виникає необхідність, щоб безпосередні споживачі інформації (директор підприємства, головний зоотехнік, селекціонер, технолог) самостійно, без посередників, виконували на комп'ютері різні аналітичні операції з виводом проміжних результатів на екран для аналізу і прийняття спеціалістами термінових і обґрунтованих рішень. Сучасне програмне забезпечення дозволяє



вибирати варіанти з різними вихідними даними для швидкого і реального уявлення технологічного процесу та його результатів. Тому розробка експертної системи, яка акумулює знання кваліфікованих спеціалістів в області тваринництва, а саме вівчарства, є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень. Вівчарство в нашій країні викликає багато запитань і різних дискусій. Від розмов про збитковість виробництва вовни до теоретичних порад, як правильно перебудувати галузь на сучасному рівні. Поки що вівчарство залишається в Україні як міні-галузь. З колишніх радянських 80 млн овець станом на початок нинішнього року в країні залишилось близько 1,1 млн голів усього поголів'я, у тому числі в підприємствах, що працюють на промисловому рівні - це лише близько 180 тис. голів овець в агрокомпаніях, що ведуть промислове виробництво, а середнє поголів'я становить лише близько 500 голів. З іншого боку, аграрна спільнота бачить намагання державних мужів щось змінити в цьому напрямі, з'явилися громадські об'єднання, які все активніше заявляють про себе [8].

Питаннями вівчарства, розведення та утримання овець у різний час займалися такі відомі тваринники з даної предметної області як: Шевхужев А. Ф. [13], Мороз Т. [14], Ханніков О. [15], Кашкаров А. [16] та багато інших.

Формулювання мети статті. Розробити методологію проектування експертної системи для тваринництва на прикладі вирощування овець.

Основна частина. В керуванні сільськогосподарським та тваринницьким виробництвом, а також при прийнятті рішень в цих сферах, велике значення знаходять експертні системи. Експертна система – це інтелектуальна комп'ютерна програма, в якій використовуються знання та процедури логічного виводу для розв'язання досить важких, різнопланових завдань та задач. Дані системи дозволяють отримувати розв'язок задач завдяки спеціальним базам знань, в яких містяться відомості тієї області, до якій належить задача. Бази знань складаються на основі знань спеціалістів. Таким чином, при роботі з експертними системами користувач може отримати відповідь на питання, яке його цікавить без допомоги спеціаліста.

В даній роботі розглядається процес проектування та розробки експертної системи з технології вирощування овець. Розроблена експертна система призначена для видачі рекомендацій по технології вирощування, викорму та утриманню овець в конкретних умовах.

Дана експертна система розроблена за допомогою мови програмування C# в середовищі Visual Studio 2012.

Опишемо поетапно та покроково методологію проектування даної спеціалізованої експертної системи.

1 етап. Аналіз предметної області проектування.

Виконуємо докладний розгляд предметної області проектування, а саме: визначаємо проблематику теми; актуальність теми; виконуємо аналіз останніх досліджень з теми інших вчених-дослідників; розглядаємо проблеми проектування.

2 етап. Аналіз ресурсів та цілей при проектуванні системи.

Виконуємо аналіз ресурсів при проектуванні системи, а саме: визначаємо спроможність фінансування та її джерело; визначаємо керівника теми та людей-виконавців; ставимо цілі, задачі та терміни виконання завдання.

3 етап. Виконання проектування технічного завдання системи.

Отримання технічного завдання від замовника (господарства, підприємства) експертної системи.

4 етап. Визначення основних вхідних критеріїв (факторів) при проектуванні системи.

Згідно літератури та вимог до вирощування овець визначаються основні критерії (фактори) для даної технології за технічним завданням господарства (дивись п. 3).

5 етап. Опис предметної області проектування.

Предметна область експертної системи описується діаграмою прецедентів (рис. 1).

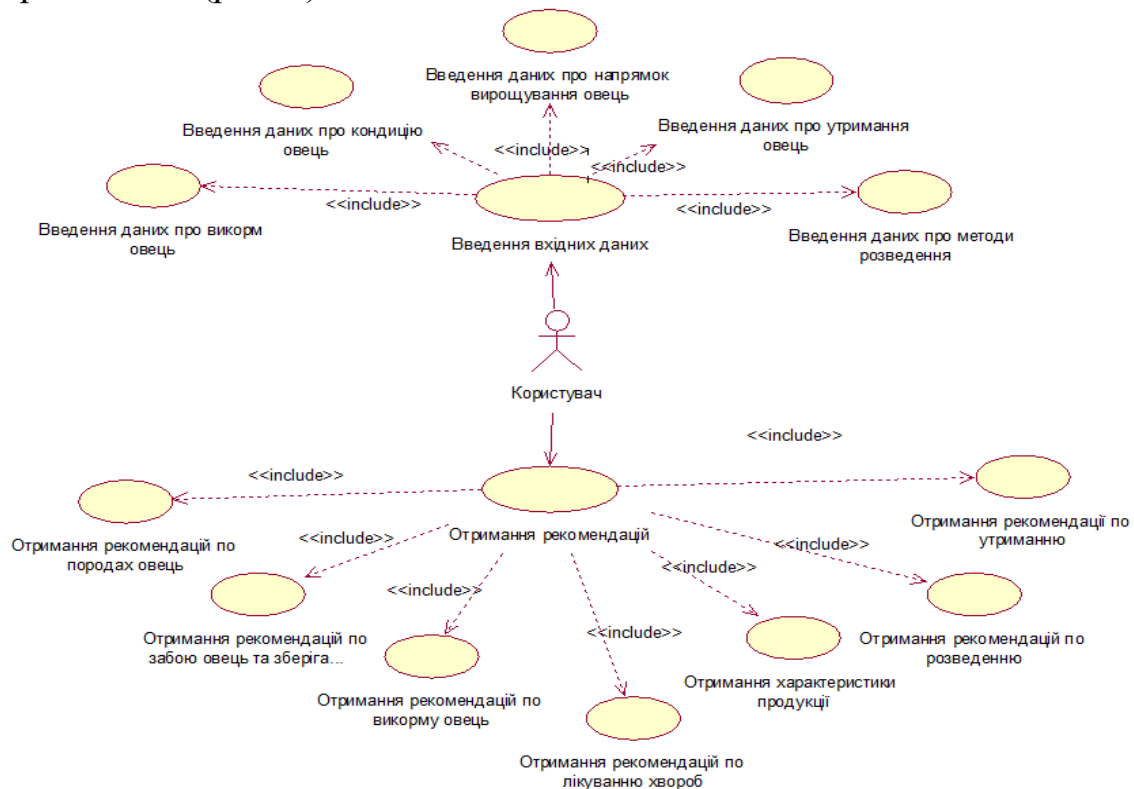


Рис. 1. Діаграма варіантів використання (прецедентів)

Діаграми варіантів використання застосовуються для моделювання уявлення системи з точки зору варіантів використання.

На рис. 1 представлена діаграма варіантів використання розроблюваної експертної системи, що дозволяє уявити очікувану поведінку системи. На даній діаграмі представлений актор – будь-яка сутність, яка взаємодіє з системою зовні, а також всі можливі дії, що реєструються у експертній системі.

В нашому випадку актором є користувач – спеціаліст, який отримує рекомендації в конкретній предметній області.

Для даної експертної системи варіантами використання є:

- «Введення вхідних даних», який включає в себе введення даних про утримання овець, кондицію, напрямок вирощування, відгодівля овець та методи розведення для конкретного фермерського господарства;

- «Отримання рекомендацій», який включає в себе отримання рекомендацій по утриманню, лікуванню овець, рекомендації по розведенню, по забою та зберіганню продукції, по характеристиці продукції та рекомендовані породи овець.

6 етап. Проектування функціональної моделі IDEF0 системи.

Процес проектування інформаційної системи (розробленої ЕС) може бути представлений діаграмою функціонального моделювання IDEF0 (рис. 2).

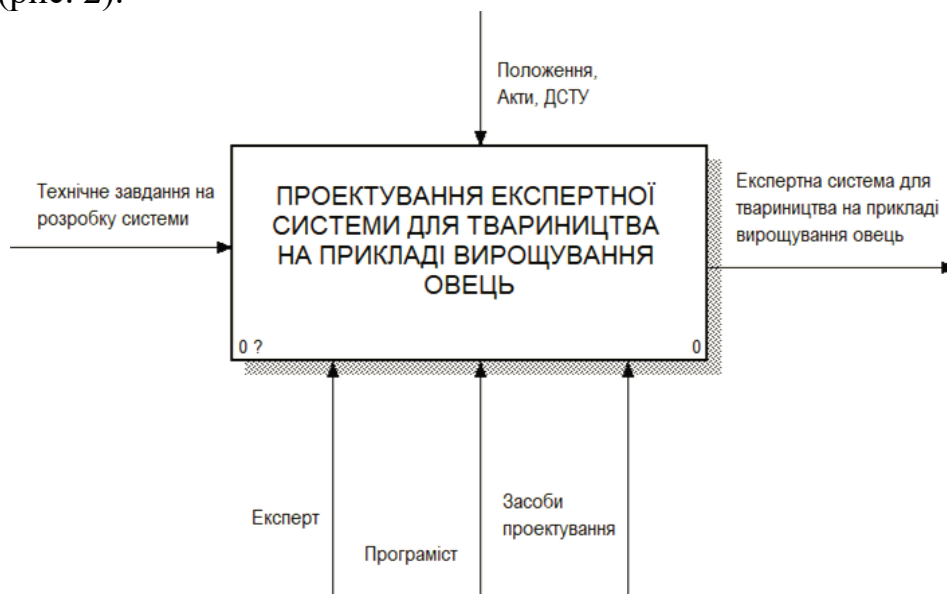


Рис. 2. Контекстна діаграма IDEF0

Функціональна модель IDEF0 представляє собою структурне зображення функцій процесу проектування інформаційної системи.

Вхідною інформацією для системи є технічне завдання на розробку експертної системи. В якості керуючої інформації в системі

пропонується використовувати нормативно-технічну документацію (галузеві стандарти, положення, акти).

Результатом процесу проектування є сама експертна система для тваринництва на прикладі технології вирощування овець. Механізмом для здійснення функцій проектування виступають фахівці та програмні продукти.

На діаграмі другого рівня (рис. 3) представлена декомпозиція контекстної діаграми, що включає функціональні блоки, в яких відображена методична база, на основі якої виконуються задачі проектування експертної системи.

7 етап. Виконання декомпозиції діаграми IDEF0.

IDEF0 - це методологія графічного опису систем і процесів діяльності організації як безлічі взаємозалежних функцій. Вона дозволяє досліджувати функції організації, не пов'язуючи їх з об'єктами, що забезпечують їх реалізацію. У стандарті IDEF0 за допомогою входу показують об'єкти - інформаційні та матеріальні потоки, які перетворюються в бізнес-процесі. За допомогою управління показуються об'єкти - матеріальні та інформаційні потоки, які перетворюються на процеси, що потрібні для його виконання. Використовуючи механізми IDEF0 можна відображати інструменти та ресурси, за допомогою яких бізнес-процес реалізується (наприклад, технічні засоби, люди, інформаційні системи і т.д.). Вихід бізнес-процесу, описаного в стандарті IDEF0, повністю відповідає за змістом виходу процесу, описаного за допомогою DFD-схеми.

Декомпозиція контекстної діаграми необхідна для того, щоб встановити основні етапи проектування експертної системи. До них відносяться:

- проектування архітектури та схеми роботи системи;
- проектування бази даних системи;
- проектування інтерфейсу системи;
- перевірка працездатності, тестування та супровід системи.

Діаграма потоків даних системи наведена на рис. 3.

8 етап. Визначення найбільш вагових вхідних факторів системи.

Для кожного з вхідних критеріїв (факторів) визначаються найбільш вагомі фактори, які впливають на процес вирощування овець.

9 етап. Визначення основних продукційних правил системи.

Визначаються основні продукційні правила, за якими буде проводитися програмування системи, а саме модулю логічної обробки знань для даної технології. Це і є вхідними параметрами (факторами) при проектуванні експертної системи.

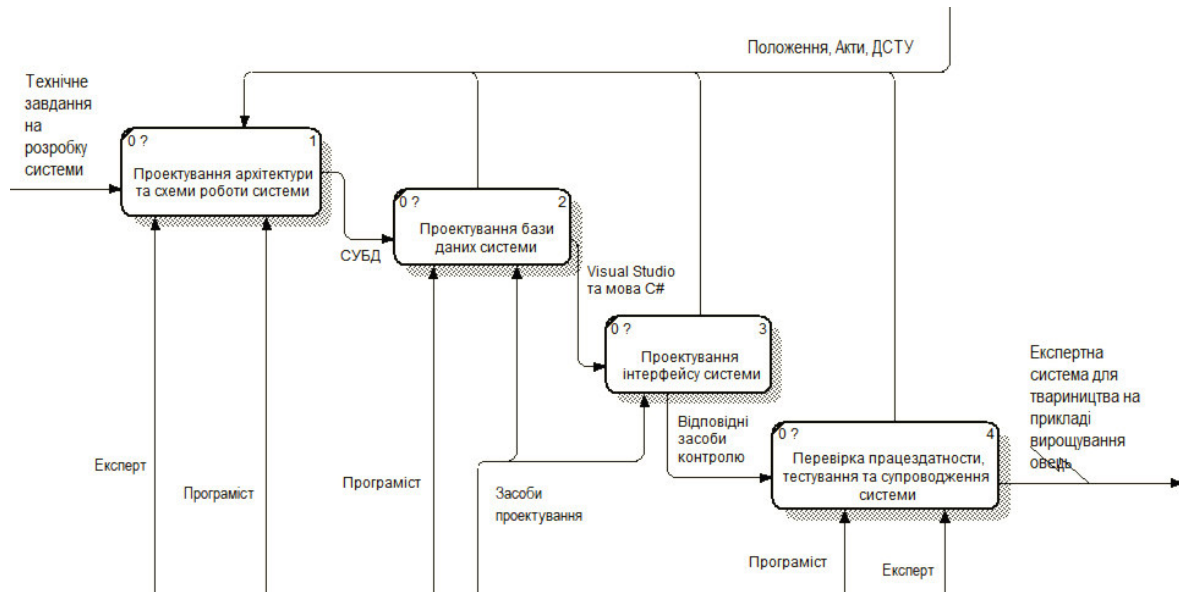


Рис. 3. Декомпозиція діаграми IDEF0

Продукційні правила для даної ЕС наступні:

Правило №1: якщо використовувати термінологію агротехнології - „Содержание овец” у господарстві, то вказати яке саме - „пастбищно-стойловое” або „стойлово-пастбищное”.

Правило №2: якщо використовувати термінологію агротехнології - „Кондиция овец” у господарстві, то вказати яку саме - „высшая кондиция”, „средняя кондиция” або „нижесредняя кондиция”.

Правило №3: якщо використовувати термінологію агротехнології - „Направление выращивания” у господарстві, то вказати яке саме - „мясное”, „молочное”, „мясо-молочное” або „получение шерсти”.

Правило №4: якщо використовувати термінологію агротехнології - „Кормление овец” у господарстві, то вказати яке саме - „ярок мясо-шерстных овец”, „баранчиков мясо-шерстных овец” або „подсосных маток в лактацию”.

Правило №5: якщо використовувати термінологію агротехнології - „Методы разведения” у господарстві, то вказати які саме – „чистопородное” або „скрещивание”.

10 етап. Визначення основних вихідних даних системи.

Визначаються основні вихідні дані системи, тобто що саме буде бачити користувач на виході після роботи системи: які рекомендації, поради, довідки, тощо.

Вихідними правилами (факторами або рекомендаціями) для даної експертної системи, яка розробляється, будуть наступні:

Рекомендація №1: „Рекомендации по содержанию овец”;

Рекомендація №2: „Рекомендации по лечению болезней овец”;

Рекомендація №3: „Рекомендации по кормлению овец”;

Рекомендація №4: „Убой овец и хранение продукции”;

Рекомендація №5: „Рекомендуемые породы овец”;

Рекомендація №6: „Рекомендации по разведению овец”;

Рекомендація №7: „Характеристика продукции”.

11 етап. Проектування інтерфейсу системи.

Виконується проектування інтерфейсу користувача згідно поставленого технічного завдання на розробку системи. Визначається місце розташування основних елементів меню, кнопок, вікон, тощо.

12 етап. Врахування додаткових вимог до системи.

Додатково (за необхідністю або за вимогою заказчика) на формі експертної системи проектуються додаткові кнопки або вікна для більш зручного її використання. Наприклад – кнопки очищення вікон, кнопка зберігання рекомендацій у окремий текстовий файл, кнопка виходу з ЕС, тощо.

13 етап. Проектування самої системи (етап кодування).

Програміст системи виконує розробку системи на мові програмування C# за допомоги середовища Visual Studio 2012.

Для даної системи у відповідності зі всіма попередніми етапами проектування було спроектовано та розроблено експертну систему для тваринництва на прикладі вирощування овець.

Вся головна форма (WindowsFormsApplication1) розробленого проекту складається з декількох базових блоків, а саме (рис. 4):



Рис. 4. Интерфейс спроектованої експертної системи

- 1) блок вхідних параметрів (зліва);
- 2) керуючі кнопки (знизу справа);
- 3) блок вихідних факторів (справа).



14 етап. Тестування системи.

Виконується тестування зробленої системи експертом, користувачами та замовником. У разі потреби виконується доведення та редагування інтерфейсу або коду до виконання всіх вимог.

Проведена верифікація даної експертної системи показала повну відповідність результатів всіх поточних етапів розробки ЕС умовам, сформованим на початку кожного етапу. А саме виконання цілям, термінам та завданню з розробки проекту (ЕС), які були визначені на початку роботи. ЕС має логічну структуру та оптимальне розташування елементів керування. Тестування розробленого програмного забезпечення показало, що створена система працює швидко та якісно

15 етап. Завершення проектування системи та надання замовнику.

Завершення проектування та прийняття готової розробленої системи замовником від програміста та її відправлення у роботу та користування.

16 етап. Супроводження системи (за вимогою).

У разі потреби замовник може запропонувати провести супроводження розробленої системи експерту або програмісту (або обом зразу) для того щоб в подальшому проводити періодичне редагування системи у разі потреби. Зазвичай ця процедура оплачується окремо від всіх інших вищенаведених кроків.

Висновки. Розглянута методологія та виконано проектування експертної системи для тваринництва на прикладі вирощування овець. Визначено, що для успішного проектування даної системи (або схожих систем) потрібно виконати як мінімум 16 етапів.

Створена експертна система розроблена за допомогою мови програмування C# в середовищі Visual Studio 2012.

Система реалізує всі поставлені задачі, а саме: відповідає вимогам кросплатформності; має простий, зручний та логічний інтерфейс; на основі створеної бази знань користувачу надаються відповідні рекомендації з вирощування овець.

Розроблену ЕС можна розширювати, як функціонально за рахунок ускладнення або доповнення користувальницького інтерфейсу, так і програмно за рахунок збільшення об'єм бази знань.

У якості перспективи щодо розвитку даної системи для є можливість створити додаткові модулі та використовувати їх як основу для розробки ЕС, які мають інші напрямки у тваринництві або птахівництві.

Розроблена експертна система призначена для використання тваринників, зоотехніків та інших зацікавлених осіб. Її використання надає можливість проводити якісне та повноцінне вирощування овець у господарствах країни без витрачання часу на пошук потрібної



інформації. Також використання даної системи дозволить приватним фермерським господарствам підвищити їх економічні показники та дозволить значно збільшити їх прибутки.

Список використаних джерел.

1. Заболотько О. О. Аналіз потенційних напрямів ефективного розвитку галузі свинарства. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: мат. I Міжн. наук.-практ. Інтернет-конференції (01-24 квітня 2020 р.). Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 121-127.

2. Комар А. С. Роль інфраструктури сільських територій в розвитку агропромислового комплексу. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: мат. I Міжн. наук.-практ. Інтернет-конференції (01-24 квітня 2020 р.). Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 49-53.

3. Boltyansky B. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.

4. Zabolotko O. O. Performance indicators of farm equipment. *Kramar Readings : Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference*. 2017. P. 155-158.

5. Boltyansky O. V. The development of the pig industry and the competitiveness of its products. *MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2012. Vol. 14. No3b. 164-175.

6. Комар А. С. Організаційно-економічні заходи ресурсозбереження в молочному скотарстві. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції*: тези міжн. наук.-пр. форуму (21 – 22 червня 2019 року). Мелітополь: ТДАТУ, 2019. С. 36–39.

7. Boltyanska N. Ways to Improve Structures Gear Pelleting Presses. *TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. Lublin-Rzeszow, 2018. Vol. 18. No 2. P. 23-29

8. Взялися рятувати вівчарство. URL: <http://www.golos.com.ua/article/318611> (дата звернення 02.04.2020).

9. Boltyanskaya N. I. Indicators of an estimation of efficiency of application of resourcesbutGauci technologies in animal husbandry. *Bulletin of Sumy national agrarian University. A series of "Mechanization and automation of production processes"*. Amount. 2016. Vol. 10/3 (31). P. 118-121.

10. Лубко Д. В., Шаров С. В. Розробка інтелектуальної інформаційної системи для птахівництва. *Системи обробки інформації*. Харків: ХНУПС ім. Івана Кожедуба, 2017. Вип. 4(150). С. 170-174.



11. Лубко Д. В. Проектування довідкової інтелектуальної експертної системи. для вівчарства у приватних господарствах країни. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*. 2017. Vol.5, №3. Р. 1 – 18.

12. Лубко Д. В., Зінов'єва О. Г., Шаров С. В. Проектування та розробка експертної системи діагностування несправностей транспортних засобів. *Системи обробки інформації*. Харків: ХНУПС ім. Івана Кожедуба, 2019. № 1(156). С. 15-21.

13. Шевхужев А. Ф. Теоретическое и практическое обоснование использования конституционально-продуктивных типов овец советской мясошерстной породы для совершенствования кроссбредного овцеводства Карачаево-Черкесской Республики. М.: Аргус, 2014.

14. Мороз Т. Овцы. Разведение. Содержание. Уход. Москва: АСТ, 2012. 192 с.

15. Мельников И., Ханников О. Разведение и выращивание овец. Киев:[б.и.] 2013. 55 с.

16. Кашкаров А. Содержание и разведение овец. Киев: Аквариум-Принт, 2016. 48 с.

МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ТВАРИНИЦТВА НА ПРИКЛАДІ ВИРОЩУВАННЯ ОВЕЦЬ

Лубко Д. В., Зінов'єва О. Г.

Анотація

У статті розроблена методологія проектування експертної системи для тваринництва на прикладі вирощування овець. Визначено, що для успішного проектування даної системи (або схожих систем) потрібно виконати як мінімум 16 етапів. Створена експертна система розроблена за допомогою мови програмування C# в середовищі Visual Studio 2012. Система реалізує всі поставлені задачі, а саме: відповідає вимогам кроссплатформності; має простий, зручний та логічний інтерфейс; на основі створеної бази знань користувачу надаються відповідні рекомендації з вирощування овець.

Розроблену ЕС можна розширювати, як функціонально за рахунок ускладнення або доповнення користувальницького інтерфейсу, так і програмно за рахунок збільшення об'єм бази знань.

Ключові слова: експертна система, тваринництво, вівці, програмування, методологія, вівчарство, фактори, інтерфейс системи.

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ ВЫРАЩИВАНИЯ ОВЕЦ

Лубко Д. В., Зиновьева О. Г.

Аннотация

В статье разработана методология проектирования экспертной системы для животноводства на примере выращивания овец. Определено, что для успешного проектирования данной системы (или подобных систем) нужно выполнить как



минимум 16 этапов. Созданная экспертная система разработана с помощью языка программирования C # в среде Visual Studio 2012. Система реализует все поставленные задачи, а именно: соответствует требованиям кросс-платформности; имеет простой, удобный и логичный интерфейс; на основе созданной базы знаний пользователю предоставляются соответствующие рекомендации по выращиванию овец.

Разработанную ЭС можно расширять, как функционально за счет усложнения или дополнения пользовательского интерфейса, так и программно за счет увеличения объема базы знаний.

Ключевые слова: экспертная система, животноводство, овцы, программирование, методология, овцеводство, факторы, интерфейс системы.

METHODOLOGY FOR DESIGNING AN EXPERT SYSTEM FOR ANIMAL BREEDING ON THE EXAMPLE OF SHEEP GROWING D. Lubko, O. Zinovieva

Summary

The methodology of designing an expert system for animal husbandry on the example of sheep breeding is developed in the article. It has been determined that at least 16 steps are required to successfully design this system (or similar systems). Informatization of all spheres of activity, including agricultural production and, in particular, animal husbandry, necessitates the application of a fundamentally new approach to farm management. Modern software allows you to choose variants with different source data for a quick and real view of the process and its results. Therefore, the development of an expert system that accumulates the knowledge of qualified livestock professionals, namely sheep farming, is an urgent task.

Expert system created developed using the C # programming language in Visual Studio 2012. The system accomplishes all the tasks, namely: meets the requirements of cross-platform; has a simple, convenient and logical interface; Based on the knowledge base created, the user is provided with appropriate recommendations for growing sheep. Developed EC can be expanded, both functionally by complicating or supplementing the user interface, and programmatically by increasing the volume of knowledge base.

As a prospect for the development of this system, it is possible to create additional modules and use them as a basis for the development of EC, which have other areas in livestock or poultry. The developed expert system is intended for use by livestock breeders, zoo technicians and other interested persons. Its use provides the opportunity to produce high quality and completegrowing sheep on the farms of the country without spending time finding the right information. Also inthe use of this system will allow private farmers to increase their economic performance and will significantly increase their profits.

Key words: expert system, animal husbandry, sheep, programming, methodology, sheep breeding, factors, system interfac.



УДК 502/504 + 514.18

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-32

МОДЕЛЮВАННЯ І ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПОЛІВ РОЗСПИВАННЯ ПОЛЮТАНТІВ ВІД АВТОТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

Рабош І. О., асп., ORCID: 0000-0003-4377-1924
Кофанова О. В., д.п.н., к.х.н., проф. ORCID: 0000-0002-9851-6392
*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*
e-mail: 2519@i.ua

Постановка проблеми. Специфіка територіального розташування об'єктів автотранспортного комплексу (АТК), а також наявність майже в усіх населених пунктах України розвиненої мережі автодоріг призводить до комплексу екологічних проблем, які людство до сьогодні не може розв'язати. Отже, вивчення й прогнозування техногенного впливу з боку автотранспортних потоків та підприємств і об'єктів АТК залишається актуальним, але досить складним завданням.

Важливою задачею також є встановлення зон локального концентрування певних забруднювачів, яке в умовах міської забудови може призвести до непоправних наслідків у здоров'ї людей, які мешкають, працюють або перебувають тривалий час поблизу напружених автотранспортних магістралей.

Аналіз останніх досліджень. Майже всі об'єкти автотранспортної інфраструктури (АТІ) забруднюють усі компоненти навколишнього природного середовища – атмосферне повітря, ґрунти і ґрунтові води, поверхневі води тощо. Тому об'єкти АТК за рівнем шкідливої дії на людину і природне середовище належать до об'єктів підвищеного екологічного ризику [1–4].

Під час аналізу техногенного впливу з боку об'єктів АТІ на довкілля та здоров'я людей найбільшу увагу, як правило, приділяють саме проблемам забруднення атмосферного повітря шкідливими домішками (ШД), які утворюються при згорянні моторного палива у двигунах АТЗ. Останніми роками екологічні норми до викидів АТЗ шкідливих речовин, а також до самих АТЗ стають все жорсткішими, проте проблема автотранспортного забруднення міських територій все ще залишається невирішеною.

Через постійне зростання кількості АТЗ (у тому числі й приватних) розростається мережа об'єктів АТІ, а саме: мережа автодоріг, автозаправних станцій (АЗС), автостоянок, автомийних комплексів,

станцій технічного обслуговування (СТО), а також інших об'єктів, які забезпечують функціонування АТК (рис. 1). Як наслідок, об'єкти АТІ наближаються до житлових будинків; поряд з ними формуються зони підвищених концентрацій шкідливих речовин, причому, як у приземному шарі атмосфери, так і в ґрунтово-рослинному покриві.



Рис. 1 Структура АТК і його екологічний вплив на довкілля

Окрім вуглекислого газу основними поллютантами, що викидаються з ВГ АТЗ, є Карбон(II) оксид CO , оксиди Нітрогену – N_2O , NO , NO_2 тощо, сполуки Сульфуру, зокрема, Сульфур(IV) оксид SO_2 , тверді частки (PM). При використанні аерозолів у довіллія потрапляють хлорофлуоровуглеводні; з мийних комплексів і СТО – поверхнево-активні речовини (ПАР); внаслідок роботи АТЗ довіллія забруднюється ще й маслами, вуглеводнями тощо. Вторинне забруднення атмосферного повітря призводить до утворення або підвищення концентрації формальдегіду, який є одним з компонентів фотохімічного смогу. Висока небезпека від функціонування АТК обумовлена також викидами бенз(а)пірена, інших поліциклічних вуглеводнів, амоніаку, гідроген сульфїду тощо [5, 6].

Останніми роками багато вітчизняних і зарубіжних дослідників намагалися встановити рівні забруднення придорожніх територій і повітряного простору, причому, як за допомогою експериментальних досліджень, так і методом математичного моделювання. Серед таких досліджень варто відзначити роботи В. С. Бахарєва, Г. О. Вайганг, Р. А. Васькіної, Н. В. Внукової, Л. Л. Гурець, В. П. Матейчика,



Л. Д. Пляцука, В. О. Хрутьби, В. М. Шмандія, Р. Eastwood, J. Merkisz, I. A. Resitoglu та ін.

Рівень забруднення атмосферного повітря залежить не тільки від обсягів викидів токсикантів з ВГ, а й від погодних та метеорологічних умов, орографії місцевості тощо [6–8]. Отже, під дією різних атмосферних рухів, перемішування повітряних потоків у різних напрямках локальний вміст певної домішки може суттєво змінюватися (як територіально, так і у часі). Вчені вважають, що переважаючими для формування клімату міста (або мікроклімату певної ділянки міста) є процеси локального масштабу, тобто процеси, що відбуваються безпосередньо навколо джерела забруднення – автодороги, АЗС, автостоянки, автомийного комплексу, СТО тощо [9].

Таким чином, вище сказане обумовлює необхідність дослідити і мати можливість прогнозувати локальні процеси розсіювання й концентрування ШД, що є компонентами ВГ АТЗ, в умовах щільної міської забудови та за різних метеорологічних умов, а також мати можливість встановлювати рівень екологічного ризику, зокрема, оцінювати ризик здоров'ю населення, яке мешкає на цих територіях.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є встановити основні забруднювальні речовини, які викидаються з відпрацьованими газами (ВГ) автомобілів, інших автотранспортних засобів (АТЗ) тощо, та за допомогою методу математичного моделювання визначити основні закономірності їх розсіювання і негативного впливу на житлову забудову і, як наслідок, на здоров'я людей.

Основні матеріали дослідження. Оцінку техногенного навантаження з боку токсичних компонентів ВГ АТЗ виконували згідно з методикою, описаною в роботах [10–13]. Для оцінки використовували такі показники, як обсяги викидів ШР основними категоріями АТЗ і інтенсивність руху автомобілів. Було проведено натурні спостереження за автотранспортними потоками у декількох районах м. Києва. Методику отримання первинних даних для підрахунку обсягів викидів за різними категоріями АТЗ описано в роботі [14]; масові викиди токсикантів за різними категоріями АТЗ визначали за методикою [10].

Аналіз отриманих даних показав, що найбільший внесок у забруднення примагістрального простору по всім ШД, окрім РМ, вносять легкові бензинові АТЗ; при цьому найбільше забруднення припадає на оксиди Карбону. Дизельні АТЗ, у свою чергу, підвищують вміст оксидів Нітрогену і є основним джерелом викидів дрібнодисперсних РМ.

Для моделювання процесів розсіювання ШД під дією певних метеорологічних умов, згідно з [15], транспортну автомагістраль розглядали як лінійне джерело викидів, де поширення певної домішки



простором залежить від стратифікації атмосфери, швидкості вітру, умов руху і характеристик автотранспортних потоків, характеру і щільності міської забудови [16].

Моделювання одноповерхової міської забудови виконують за допомогою введення спеціального коефіцієнта шорсткості поверхні [15, 17, 18]. У випадку багатоповерхової забудови враховують геометричні властивості так званих "вуличних каньйонів", наявність зон потоків повітряних мас підвищених швидкостей і застійні зони, а також наявність "рослинних екранів" [2, 5, 17]. Певному очищенню повітря сприяють також водні об'єкти, розташовані поблизу з автодорогами. Проте відбувається неконтрольоване забруднення цих водойм, надмірне накопичення токсикантів у водних організмах і, як наслідок, вторинне забруднення території.

Приземний шар атмосфери характеризують параметром "стійкість". Наприклад, у нестійкій атмосфері характерними є конвективні вертикальні потоки, які сприяють інтенсивному перемішуванню повітряних мас. У свою чергу, параметри розсіювання ШД – коефіцієнти їх дисперсії σ_x , σ_y та σ_z – безпосередньо пов'язані з показником стійкості атмосфери (позначають А, В, С, D, Е, F; вважається, що від показника "А" до показника "F" стійкість атмосфери збільшується) [18].

За методикою, параметри розсіювання ШД у повітряному просторі (тобто їх дисперсії за певними напрямками σ_y та σ_z) виражаються за допомогою відповідних коефіцієнтів дифузії D_x і D_z :

$$\sigma_y^2 = 2D_yx; \quad \sigma_z^2 = 2D_zx. \quad (1)$$

Ці параметри можна визначити або за номограмами, або емпірично, наприклад, за рівнянням (2) [15, 17]:

$$\sigma = \alpha_{yx} / S_1(x); \quad \sigma_z = \alpha_{zx} / S_2(x), \quad (2)$$

де $S_1 = (1 + \beta_1x)^{1/2}$; $S_2 = (1 + \beta_2x)^{1/2}$; коефіцієнт $\beta_1 = 1 \cdot 10^{-4}$.

У дослідженні для моделювання розсіювання ШР у приземному повітряному просторі застосовували модель факельного наближення М. Є. Берлянда, яка є розв'язком диференціального рівняння турбулентної дифузії з урахуванням даних щодо коефіцієнтів дифузії газів (дрібнодисперсних домішок) і властивостей підстилаючої поверхні [17]. У даному методі дифузиею ШД за вектором вітру нехтують, а розглядають тільки її розсіювання у напрямку, перпендикулярному вектору вітру [15].

Поля розсіювання ШД у приземному повітряному просторі будували для таких токсикантів–компонентів ВГ АТЗ, як, Карбон(II)

оксид, оксиди Нітрогену (у перерахунку на Нітроген(IV) оксид), дрібнодисперсні частки сажі та пилу – РМ. Моделювання здійснювали у програмному комплексі MathCad з використанням, як зазначалось, моделі факельного наближення, за допомогою якої розв’язується напівемпіричне рівняння (у декартових координатах) для лінійного джерела забруднення як сукупності точкових джерел викидів і на основі принципу суперпозиції полів концентрацій ШД.

Результати обрахунків приземних концентрацій певного забруднювача подавали у кратності перевищення її максимальної разової концентрації ($\text{ГДК}_{\text{м.р.}}(X)$, де X – забруднювач) [19]. Для розв’язку системи диференціальних рівнянь у часткових похідних вводимо певні граничні умови. Як приклад на рис. 2–4 показано візуалізацію полів розсіювання таких забруднювачів, як CO , NO_x (у перерахунку на NO_2) і РМ у міському придорожньому просторі на досліджуваних ділянках автомагістралей.

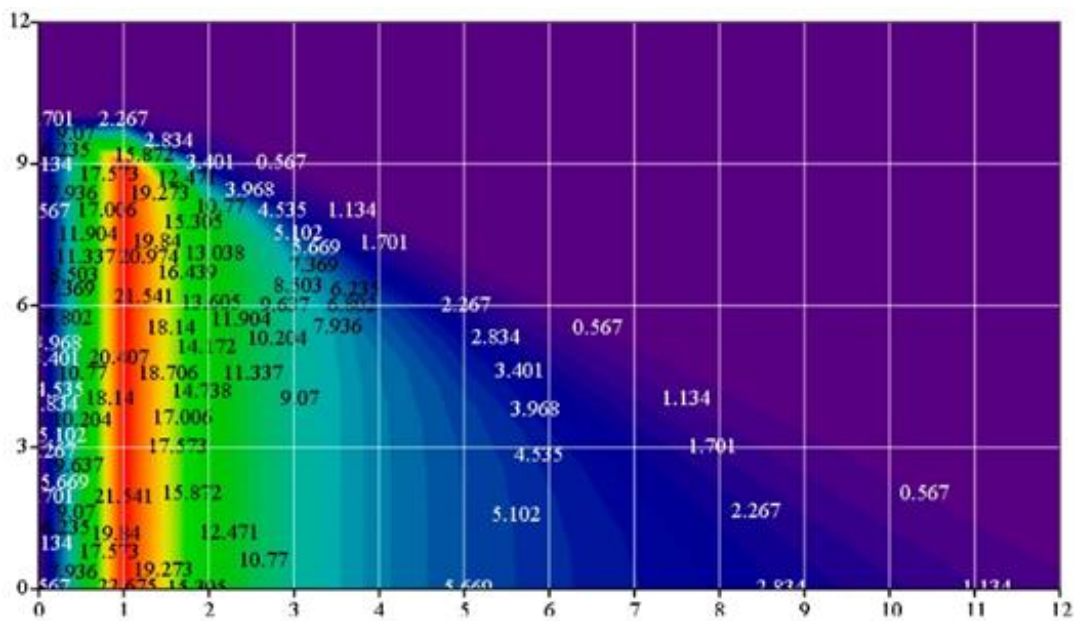


Рис. 2 Поля розсіювання домішки NO_x – компонента ВГ АТЗ на ділянці автомагістралі (проспект Перемоги, м. Київ) за північно-східного вітру (швидкість 3 м/с).

Зазначимо, що, згідно методики побудови моделі, при розв’язанні рівняння турбулентної дифузії вважається, що обидва рухи частинок речовини у повітряному просторі – і вертикальний, і горизонтальний – зумовлені саме турбулентною дифузією, режим якої визначається напрямом і швидкістю вітру, типом вітрового потоку (циклон, антициклон), температурою і вологістю повітря, станом атмосфери, рівнем інсоляції, орографією місцевості тощо [15, 17]. Рівень турбулентності при цьому характеризується за допомогою параметрів

стійкості атмосфери, зокрема, коефіцієнтами температурної стратифікації і турбулентного обміну, а також дисперсії факелу [17].

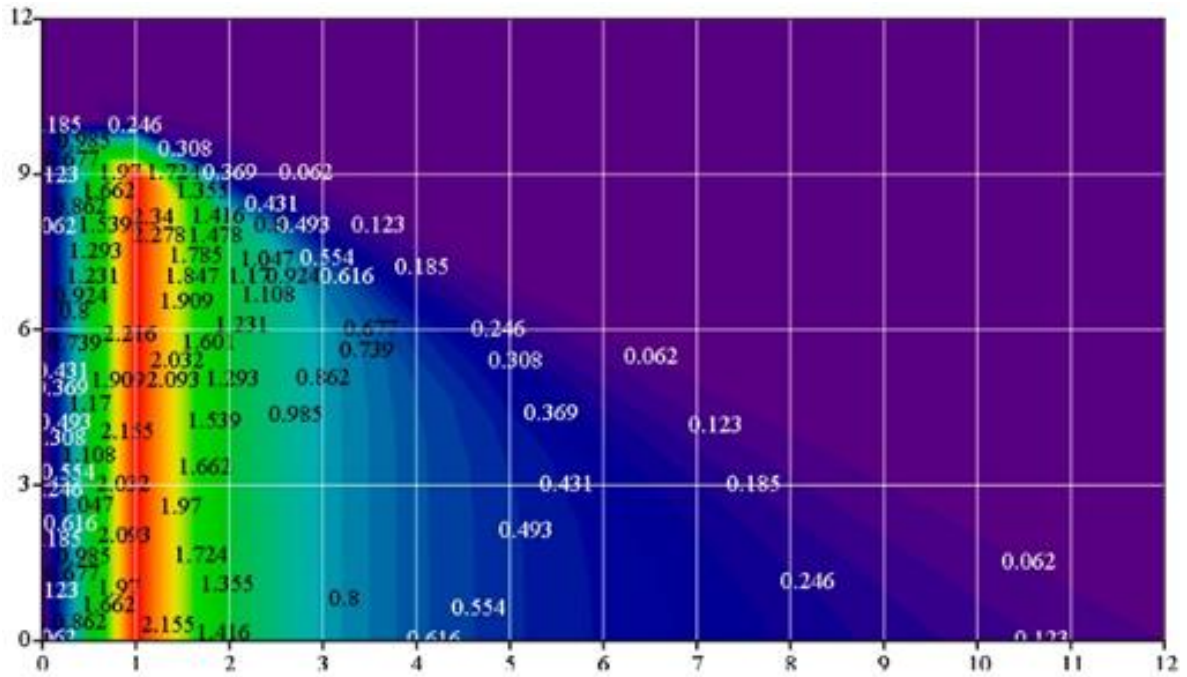


Рис. 3 Поля розсіювання домішки РМ – компонента ВГ АТЗ на ділянці автомагістралі (проспект Перемоги, м. Київ) за північно-східного вітру (швидкість 3 м/с).

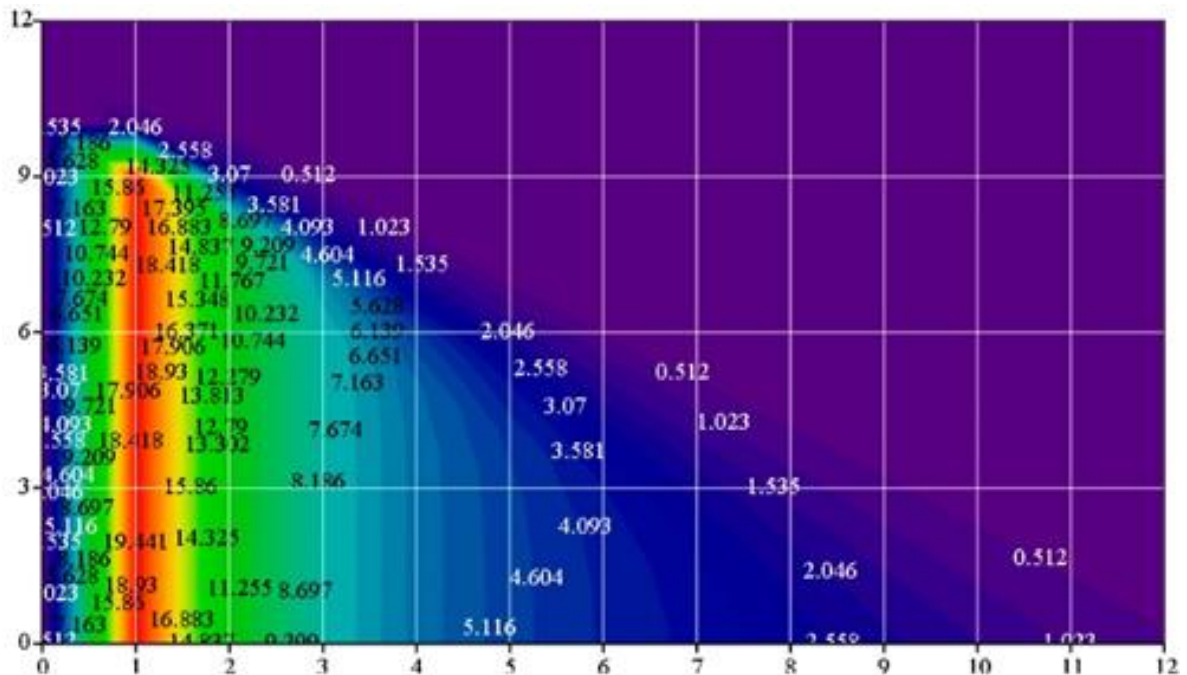


Рис. 4 Поля розсіювання домішки СО – компонента ВГ АТЗ на ділянці автомагістралі (проспект Перемоги, м. Київ) за північно-східного вітру (швидкість 3 м/с).

Отже, з рис. 2–4 видно, що саме у місяцях тривалого перебування людей досить часто відбувається локальне концентрування шкідливих компонентів ВГ АТЗ. Наприклад, для оксидів Нітрогену (у перерахунку на NO_2) спостерігається перевищення ГДК_{м.р.} домішки майже в 4 рази. Значну небезпеку для людей (водіїв, пасажирів громадського транспорту, пішоходів, велосипедистів, людей на зупинках тощо) становлять і вельми значні перевищення ГДК_{м.р.} всіх інших компонентів ВГ АТЗ у центрі дороги та поряд із нею, що вказує на досить низький рівень екологічної безпеки мешканців міста.

Згідно з напрацюваннями авторів роботи [20], екологічний стан певної території можна схарактеризувати за зростаючою мірою екологічної небезпеки, а саме як:

- помірний, безпечний рівень;
- небезпечний рівень для чутливої групи населення;
- небезпечний рівень;
- дуже небезпечний рівень.

У зв'язку з цим нами був обчислений індивідуальний ризик від небезпеки забруднення атмосферного повітря за методикою, описаною в роботах [21, 22]. Отже, індивідуальний ризик R_i розраховували за формулою:

$$R_i = \frac{P_{nm} \times P_{зан} \times T}{N}, \quad (3)$$

де P_{nm} – імовірність перевищення допустимої межі небезпеки для окремих видів забруднення атмосферного повітря,

$P_{зан}$ – імовірність ризику небезпечного забруднення атмосферного повітря для населення,

T – період, за який потрібно розрахувати ризик,

N – кількість населення, яке мешкає на території району, де розміщено пости спостережень.

При оцінюванні ризиків для здоров'я населення, що зумовлені наявністю і впливом ШД в атмосферному повітрі, орієнтуємось на систему критеріїв, рекомендовану Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) (табл. 1) [23]. Окрім того, розробки вчених показують досить тісні залежності зростання захворювань органів дихання у людей (фарингіт, ларингіт, полінози, бронхіальна астма) від близькості місця проживання до підприємств, що забруднюють атмосферу і порушують природний склад атмосферного повітря [19, 24–27].

Таблиця 1
Класифікація рівнів ризику, що рекомендовані ВООЗ

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Високий (De Manifestis) – не прийнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику	$>10^{-3}$
Середній – припустимий для виробничих умов; за впливу на все населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання щодо заходів з управління ризиком.	$10^{-3}-10^{-4}$
Низький – припустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення.	$10^{-4}-10^{-6}$
Мінімальний (De Minimis) – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів.	$<10^{-6}$

Обрахунки рівнів індивідуального ризику отримання небажаного стану здоров'я населення проводили у період 2017–2019 рр. Встановлено, що поблизу напружених автомагістралей мешканці міста зазнають небезпечного і дуже небезпечного рівня екологічної безпеки.

Результати та висновки досліджень. Таким чином, як показали результати моделювання полів розсіювання шкідливих компонентів ВГ, міський придорожній простір є досить сильно забрудненим внаслідок руху автотранспортних потоків. Найбільшу небезпеку при цьому несуть "вуличні каньйони", двори "колодязного типу", парковки автомобілів біля стін житлових будинків та інші чинники. У таких випадках спостерігається багатократне перевищення гранично допустимих концентрацій ШД, їх постійне проникнення всередину житлових приміщень. Небезпека створюється й для здоров'я дітей, оскільки досить часто дитячі майданчики розташовані саме поблизу таких об'єктів АТІ, як парковки автомобілів.

У роботі проведено обрахунки й ранжування індивідуального ризику отримання небажаного стану здоров'я населення (на прикладі



мешканців м. Києва). Встановлено, що поблизу напружених автомагістралей придорожній простір і, відповідно, мешканці міста зазнають небезпечного або навіть дуже небезпечного рівня екологічного ризику. Це створює серйозні проблеми для здоров'я населення, особливо для тих, хто хворіє на астму, інші легеневі хвороби, а також для людей, чутливих до певних компонентів забруднень.

Список використаних джерел

1. Merkisz J., Pielecha J., Radzimirsky S. *New trends in emission control in the European Union*. Springer tracts on transportation and traffic; v. 4. London: Springer Int. Publ. Switzerland, 2014. 175 p. DOI: 10.1007/978-3-319-02705-0.

2. Voloshkina O. et al. Pollution of atmospheric air above the city highways. *USEFUL online journal*. 2018. v. 2. Issue 4. URL: <https://useful.academy> ISSN 2574-4461 (online) DOI: <https://doi.org/10.32557/useful-2-4-2018-0002>. P. 9–25.

3. Dall'Osto M. et al. Hourly elemental concentrations in PM 2.5 aerosols sampled simultaneously at urban background and road site during SAPUSS – diurnal variations and PMF receptor modelling. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2013. № 13 (8). P. 4375–4392. DOI: 10.5194/acp-13-4375-2013.

4. Eastwood P. *Particulate emissions from vehicles*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2008. 513 p. DOI: 10.1002/9780470986516.

5. Цыплакова Е. Г. Приборы и методы контроля и мониторинга воздействия автотранспорта на атмосферный воздух северных городов: дис. на соискание учен. степени доктора технич. наук: спец.: 05.11.13 – приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий. СПб, 2014. 347 с.

6. Бахарев В. С. Комплексна система екологічного моніторингу атмосферного повітря урбосистем: дис. на здобуття наукового ступені доктора техн. наук: спец.: 21.06.01 – екологічна безпека. Кременчук, 2018. 402 с.

7. Пляцук Д. Л., Бойко В. В. Передумови побудови моделі імовірнісного розподілу забруднюючих речовин в атмосфері. *Вісник КДПУ ім. М. Остроградського*. 2011. №1 (66). 4.1. С. 141–144.

8. Кофанов О. Є. Моделювання розсіювання і локального концентрування поллютантів у придорожньому повітряному просторі. *Вісник НТУ "ХПІ", Сер.: Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків: НТУ "ХПІ". 2018. № 9 (1285). С. 190–197.

9. Ілляш О. Е., Комлева Ю. В. Аналіз впливу кліматичних факторів на рівень забруднення атмосфери м. Полтави. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Сер. Екологія*. 2017. вип. 16. С. 73–77.



10. Шмандій В. М., Пляцук Д. Л., Гурець Л. Л. Алгоритм розрахунку техногенного навантаження від викидів забруднюючих речовин в атмосферу. *Науковий журнал «Science Rise»*. т. 5, № 2 (2015). С. 43–48.

11. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів. Наказ Державного комітету статистики України № 452 від 13.11.2008 [Електронний ресурс]. URL: http://uazakon.com/documents/date_3a/pg_gmcywc/index.htm.

12. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ передвижными источниками. – Донецк: УкрНТЭК, 1999. 107 с.

13. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов [Електронний ресурс]. СПб., 2010 15 с. URL: <http://forum.integral.ru/viewtopic.php?f=64&t=16815>.

14. Рабош І. О., Кофанова О. В., Підгорний А. В. Оцінка екологічного стану територій автозаправних станцій, розташованих поблизу автомагістралей. *Вісник НТУ «ХПІ»*, Сер.: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ». 2018. № 9 (1285). С. 236–242. DOI:10.20998/24134295.2018.09.34/.

15. Беляев Н. Н., Русакова Т. И., Колесник В. Е., Павличенко А. В. Прогноз уровня загрязнения атмосферного воздуха в зоне влияния городских автомагистралей. *Науковий вісник Нац. гірничого ун-ту*. 2016. № 1. С. 90–97.

16. Santiago J. L., Martín F. Modelling the air flow in symmetric and asymmetric street canyons. *International J. of Environment and Pollution*. 2005. v. 25, N 1–4. P. 145–154.

17. Берлянд М. Е. *Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы*. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 272 с.

18. Паращук Е. М., Коваль В. Н., Прокопенко М. Н. Результаты моделирования распространения выбросов автотранспорта на ограниченной территории города. *Экологические системы и приборы*. 2007. № 3. С. 56–59.

19. Кофанов А. Е., Холковский Ю. Р. Геоэкологические аспекты моделирования локального загрязнения приземного атмосферного воздуха отработавшими газами автотранспортных средств. *Горная механика и машиностроение*. 2017. № 4. С. 20–33.

20. Рибалова О. В., Белан С. В., Артем'єв С. Р. Визначення екологічного ризику погіршення стану атмосферного повітря з урахуванням хімічної небезпеки регіонів України. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2013. вип. 18. С. 196–209.

21. Инструкция 2.1.6.11–9–29–2004 [Електронний ресурс]. Министерство здравоохранения республики Беларусь "Оценка риска



для здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух". URL: <http://med.by/methods/pdf/2.1.6.11-9-29-2004.pdf>.

22. Методичні рекомендації МР 2.2.12-142-2007. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. Затверджено Наказом МОЗ України від 13.04.07 № 184. Київ, 2007. 40 с.

23. World Health Organization: Air pollution. Global platform on air quality and health [Online]: [Site]. URL: <https://www.who.int/airpollution/global-platform/en/>.

24. Kofanova O., Kofanov O. Analysis of the theoretical and practical aspects of water pollution caused by motor transport in Water Security : monograph. – Mykolaiv : PMBSNU–Bristol :UWE, 2016. P. 562–565.

25. Wang G., Van den Bosch F. H. M., Kuffer M. Modelling urban traffic air pollution dispersion. *SPRS 2008: Proceedings of the XXI congress: Silk road for information from imagery: the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, 3–11 July, Beijing, China. Comm. VIII, WG VIII/2. Beijing: ISPRS, 2008. P. 153–158.

26. Turner D. Bruce. *Atmospheric dispersion estimates*. Lewis Publishers, 1994. 90 p.

27. Berkowicz R. A. simple model for urban background pollution. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2000. v. 65. P. 259–267.

МОДЕЛЮВАННЯ І ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПОЛІВ РОЗСПИВАННЯ ПОЛІУТАНТІВ ВІД АВТОТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

Рабош І. О., Кофанова О. В.

Анотація

У статті досліджено вплив основних поліутантів автотранспортних потоків, що рухаються, магістралями міста (на прикладі м. Києва), на екологічний стан приземного повітряного простору і прилеглі території. Методом математичного моделювання та проведення обчислювального експерименту в умовах щільної міської забудови виявлено зони надзвичайного локального концентрування шкідливих домішок, які є основними компонентами відпрацьованих газів автотранспортних засобів. За розрахунками індивідуального екологічного ризику визначено, що більшість досліджуваних територій міста, що прилягають до напружених автомагістралей, підлягають небезпечному і дуже небезпечному техногенному тиску з боку викидів автотранспортних потоків. Це, у свою чергу, потенційно може спричинити непоправні наслідки, погіршення здоров'я людей чутливої категорії, а також тих, які мешкають, працюють та/або перебувають тривалий час поблизу автодоріг.

Ключові слова: транспортні засоби, відпрацьовані гази, поля розсіювання, моделювання, екологічний ризик, поліутанти, забруднення атмосферного повітря, міські території.



МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОЛЕЙ РАССЕЙВАНИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ ОТ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Рабош И. А., Кофанова Е. В.

Аннотация

В статье исследовано влияние основных загрязнителей автотранспортных потоков, движущихся магистралями города (на примере г. Киева), на экологическое состояние приземного воздушного пространства и прилегающие территории. Методом математического моделирования и проведения вычислительного эксперимента в условиях плотной городской застройки обнаружены зоны чрезвычайного локального концентрирования вредных примесей, которые являются основными компонентами отработавших газов автотранспортных средств. С помощью расчета индивидуального экологического риска определено, что большинство исследуемых территорий города, прилегающих к напряженным автомагистралям, поддаются опасному и очень опасному техногенному давлению со стороны выбросов автотранспортных потоков. Это, в свою очередь, может повлечь за собой непоправимые последствия, в частности, ухудшение здоровья людей чувствительной категории, а также тех, кто живет, работает и/или находится длительное время вблизи автодорог.

Ключевые слова: транспортные средства, отработавшие газы, поля рассеивания, моделирование, экологический риск, поллютанты, загрязнение атмосферного воздуха, городские территории.

MODELING AND VISUALIZATION OF THE DISPERSION FIELDS OF POLLUTANTS FROM TRAFFIC FLOWS

Rabosh I., Kofanova O.

Abstract

The specifics of the territorial location of the objects of the motor transport complex, as well as the presence in almost all settlements of Ukraine of a developed network of roads leads to a set of environmental problems that humanity can not solve to this day. Thus, the study and forecasting of man-made impact from traffic flows and enterprises and facilities of the road transport complex remains an urgent but quite difficult task. The article deals with the investigation of the influence of the main pollutants of traffic flows of urban highways (on the example of Kyiv city) on the ecological conditions of surface airspace and nearby territories. Zones of the extraordinary local concentration of harmful impurities, which are the main components of the vehicles exhaust gases, were determined by the method of mathematical modelling, as well as by the computational experiment in the conditions of dense urban building. The great danger is posed by street canyons, "well-type" yards, car parking near the walls of residential buildings. In such cases, the multiple exceeding of the maximum allowable concentrations of pollutants can be observed, as well as their penetration into the residential buildings. There is also a danger to children's health, as playgrounds are often located near transport facilities such as car parking. According to the calculations of the individual ecological risk, it was determined that most of the studied areas of the city, which are located near busy highways, are influenced by dangerous and even very dangerous anthropogenic pressure from traffic flows. This, in turn, can potentially lead to irreversible consequences, deteriorating the health of vulnerable people, as well as those who live, work and/or stay near roads for a long time.

Keywords: vehicles, exhaust gases, dispersion fields, modeling, ecological risk, pollutants, air pollution, urban areas.

Електронне наукове фахове видання

Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету
імені Дмитра Моторного

Випуск 10, том 1.

Відповідальний за випуск – к.т.н., професор Скляр О. Г.

Комп'ютерна верстка: к.т.н., доцент Болтянська Н. І.

Коректори:
Лівик Н. В.

Підписано до друку 13 травня 2020 р. друк. Rizo.
Друкарня ТДАТУ
20,3 умов. друк. арк.