

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного



**Науковий вісник**

Таврійського державного агротехнологічного університету



*Випуск 11, том 1*

Електронне наукове фахове видання

Мелітополь – 2021 р.

УДК [631.3+621.3+004]

T 13

Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. – Мелітополь: ТДАТУ, 2021. – Вип. 11, том 1.

**ISSN 2220-8674**

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,  
Протокол № 7 від 30 березня 2021 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, AGRIS, «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**

Кондратюк Ю.В. (Україна)

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

IvanovsSemjons - PhD (Latvia) JoseltaloCortez - 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)

Шингисов 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)

Болтянська Н. І. – к.т.н., доц (Україна)

Єременко О. А. – д.с.-г.н., проф. (Україна)

Євлаш В. В. - д.т.н., проф. (Україна)

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

Кузнецов 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, 2021.

**ЗМІСТ****ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ**

- Кюрчев В. М., Мовчан С. І., Бережецький О. В., Андріанов О. А., Шелкунов В. І.* 1  
Виробничі випробування тестового приладу електронної водопідготовки «HydroFLOW» в системі оборотного тепловодопостачання
- Пастушенко С. І., Клендій М. Б., Клендій М. І., Троханяк О. М.* 2  
Дослідження якісних показників роботи борони з гвинтовими робочими органами
- Парієв А. О., Філоненко Ю. А., Коротченко Т. М., Вожик Ю. Г., Патица М. В.* 3  
Визначення закономірностей біоконверсії рослинних решток при компостуванні з використанням мікробіологічних препаратів
- Субочев О. І., Січко О. Є., Погорєлов М. Г., Пясецький С. М.* 4  
Підвищення ефективності функціонування виробничо-технічної бази сервісних підприємств
- Кофанов О. Є., Василькевич О. І., Кофанова О. В., Ткачук К. К., Тверда О. Я., Білоус А. Я.* 5  
Підвищення стійкості дизпалива стабілізуючими добавками, присадками і поліфункціональними паливними композиціями
- Журавель Д. П., Бондар А. М.* 6  
Покращення та оцінка якісних показників відпрацьованих автотракторних олив для сільськогосподарської техніки
- Банга В. І.* 7  
Автоматизована кормова станція для індивідуально нормованої годівлі дійних корів
- Boltianska N., Komar A., Manita I.* 8  
The influence of technological characteristics of the udder of cows on suitability for machine milking
- Грицаєнко Г. І., Грицаєнко І. М.* 9  
Системний аналіз інвестицій в енергоефективність національної економіки



- Журавель Д. П., Бондар А. М.* 10  
Прогнозування ресурсу трибосистем при використанні сумішевих олиив
- Мовчан С. І., Чернишова Л. М.* 11  
Забезпечення екологічної безпеки утилізації осадів стічних вод гальванічного виробництва шляхом отримання вогнетривів
- Грицаєнко Г. І., Грицаєнко М. І.* 12  
Екологічні інвестиції як пріоритетний напрямок розвитку аграрної сфери економіки
- Комар А. С.* 13  
Визначення кінематичних параметрів прикочувальних роликів гранулятора з плоскою матрицею
- Скляр О. Г., Скляр Р. В.* 14  
Формування витрат енергоносіїв на виробництво тваринницької продукції
- Парієв А. О., Дробішев О. О., Коротченко Т. М., Сиротюк С. В., Болтянський Б. В.* 15  
Експериментальний зразок обладнання для потокового внесення компонентів у кормосуміші
- Стефановський О. Б., Болтянський О. В.* 16  
Уточнення параметрів регресійної залежності між функціями основних розмірів шестерень масляних насосів транспортних двигунів внутрішнього згорання
- Грицаєнко М. І.* 17  
Соціальний капітал в системі аграрного ресурсного потенціалу
- Григоренко С.М., Скляр Р. В.* 18  
Адаптивні методи утилізації відходів птахівництва
- Болтянська Н. І., Болтянський О.В., Болтянський Б. В.* 19  
Напрямки підвищення ефективності використання енергоресурсів в тваринництві
- Дашивець Г. І., Паніна В. В., Бондар А. М.* 20  
Вплив рівня виробничих ресурсів на якість ремонту машин



*Аулін В. В., Деркач О. Д., Гриньків А. В., Макаренко Д. О.* 21  
Визначення робочої температури композитних елементів рухомих з'єднань в зоні тертя

*Бондаренко Л. Ю., Філіпов Д. О., Сушко С. Л., Дмитрієв Ю. О.* 22  
Визначення змін геометричних параметрів крони дерев яблуні при використанні системи мікрозрошення

*Бондаренко Л. Ю., Караєв О. Г., Чижиков І. О., Дмитрієв Ю. О.* 23  
Визначення розмірно-масових параметрів зрізаних гілок плодкових дерев

*Дереза О. О., Дереза С. В.* 24  
Використання сучасних енергозберігаючих матеріалів і технологій при проектуванні, будівництві та реконструкції тваринницьких підприємств

## ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

*Новікова Н. В., Дронов О. П.* 25  
Визначення фізико-хімічних та органолептичних показників якості нових вафель функціонального призначення

*Дзюндзя О. В.* 26  
Перспективи використання виноградного листа в консервній промисловості

*Ряполова І. О., Плохенко Т. В.* 27  
Санітарно-гігієнічний контроль м'ясної сировини для виробництва м'ясних кулінарних виробів

*Фіалковська Л. В.* 28  
Удосконалення технології виробництва м'якого маргарину з антиоксидантними властивостями

*Цихановська І. В., Александров О. В., Гонтар Т. Б., Коваленко З. І., Макаренко В. В.* 29  
Удосконалення технології мармеладу желейного формового з використанням харчової добавки «Магнетофуд»

*Новікова Н. В., Кірін В. О.* 30  
Інноваційні технології виробництва м'ясних напівфабрикатів шляхом збагачення їх мікронутрієнтами



*Миколенко С. Ю., Баранік П. В.* 31  
Техніко-технологічне обґрунтування інфрачервоної обробки  
черешень

*Фіалковська Л. В.* 32  
Переробка відходів олійножирового виробництва

*Struchaiev N., Samoichuk K., Postol Yu., Yalpachik V.* 33  
Investigation of the melting of crushed beeswax

### **ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

*Постнікова М. В.* 34  
Дослідження енергоефективності машин вторинного очищення  
посівного зерна

*Сілі І. І., Азархов О. Ю.* 35  
Розробка моделі цифрового фетального пульсометра

*Діденко О. В.* 36  
Дослідження процесу тепловиділення в рициновій олії з різним  
питомим опором під дією електричного поля

*Стручаєв М. І., Нікульча М. В.* 37  
Підвищення ефективності абсорбційного пристрою накопичення  
вологи



УДК 628.179.2.16.087

В.М. Кюрчев<sup>1</sup>, д.т.н. проф.

ORCID: 0000-0003-4377-1924

С.І. Мовчан<sup>1</sup>, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-8665-482X

О.В. Бережецький<sup>2</sup>, к.т.н.О.А. Андріанов<sup>3</sup>, к.т.н.В.І. Щелкунов<sup>4</sup>, д.е.н.,<sup>1</sup>*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*<sup>2</sup>*Товариство з обмеженою відповідальністю «САВ КОМПЛЕКТ»*<sup>3</sup>*Запорізьке регіональне представництво міжнародної торгової палати ICC Ukraine*<sup>4</sup>*Міжнародна торгова палата ICC Ukraine*

e-mail: serhii.movchan@tsatu.edu.ua, тел.: 067-386-95-44

## ВИРОБНИЧІ ВИПРОБУВАННЯ ТЕСТОВОГО ПРИЛАДУ ЕЛЕКТРОННОЇ ВОДОПІДГОТОВКИ «HydroFLOW» В СИСТЕМІ ОБОРОТНОГО ТЕПЛОДОПОСТАЧАННЯ

**Анотація.** За результатами промислових випробувань тестового приладу електронної водопідготовки і моніторингу теплотехнічних параметрів технологічного обладнання технологічного обладнання на об'єктах атомної енергетики. Основними споживачами технічної води на АЕС є конденсатори парових турбін, маслоохолоджувачі і повітроохолоджувачі турбогенераторів, підшипники насосів та інших допоміжних агрегатів, теплообмінники вентиляційних систем, теплообмінники доохолодження продувної води парогенератора та ін.

Тривалими випробуваннями і тестовим моніторингом доведено: позитивний довгостроковий вплив застосування приладу «HydroFLOW» на стан зовнішньої поверхні сіток фільтрів при тривалій їх експлуатації; Значне зменшення кількості біологічних відкладів на внутрішній поверхні сітки фільтра при використанні приладу: суттєве зменшення, при використанні приладу «HydroFLOW», біообростання, а також відкладів іржі, мулу і карбонатів на сітці фільтра насосного агрегату; видалення, завдяки застосуванню приладу «HydroFLOW», біологічних відкладів в контурі водоохолодження повітроохолоджувача електродвигуна.

**Ключові слова:** атомна енергетика, електронна водопідготовка, система оборотного водопостачання, біологічне обростання,





конденсатори парових турбін, маслоохолоджувачі, повітроохолоджувачі турбогенераторів.

*Постановка проблеми.* Загальна актуальність та перспективність обраної тематики наукових досліджень і промислових випробувань приладу «HydroFLOW» пов'язана, перш за все, з наступними факторами:

– глобальним потеплінням і загальним екологічним трендом на посилення боротьби за зменшення навантаження на навколишнє середовище з боку промислових та енергетичних підприємств;

– подорожчанням енергоносіїв, збільшенням плати за використання природних ресурсів (перш за все – води) та скиди шкідливих речовин;

– глобальними кліматичними змінами, які призводять до суттєвих змін характеру стоку за 12 місяців та внутрішньорічного розподілу водного стоку річок на території України [1,2].

Кліматичні зміни, через викиди парникових газів і значного збільшення витрат на енергію, вимагають ефективного управління енерго– і водоспоживанням. У зв'язку з цим особливо важлива ефективність систем водяного охолодження на електростанціях для підтримки максимального вироблення електроенергії на тонну споживаного палива [3].

*Аналіз останніх досліджень.* Температура є цікавою не тільки з точки зору розчинності, вона також важлива для проходження хімічних реакцій і зростання мікробів в об'ємі і на поверхні труб. Оптимальна температура для біологічного зростання становить від 15°C до 50°C (точне значення різниться для різних видів бактерій). Підвищення температури в об'ємі може або збільшити, або зменшити реакції, в залежності від сполук у ньому. Високі температури на поверхні можуть викликати розкладання компонентів рідини, в результаті чого відбувається ооксування поверхні. На рис. 1 показані залежності деяких механізмів забруднення від температури поверхні [4,5].



Рисунок 1. Температурна залежність для різних типів забруднення теплообмінників





З наведених графічних залежностей наочно видно, що з підвищенням значення  $Rf$ , тим більше обростання. Розміри частинок не змінюються, внаслідок того, що частинки постійно рухаються. А на внутрішніх робочих поверхнях відбувається кристалізація, що сприяє накопиченню біологічних відкладів [6,7].

Зворотний турбулентний потік збільшує локальну температуру і, отже, швидкість обростання інвертованих розчинних сполук та інших видів зростає [5,6,7].

Одним з найважливіших факторів, що впливають на обростання, є матеріал поверхні об'єкта і наявність на ньому подряпин.

Подряпини – це місця руйнування захисних оксидних плівок і скупчення забруднень, через що бактерії, молекули і зважені частинки можуть осідати в них і інтенсифікувати подальше забруднення.

Різні матеріали мають різний рН (нейтральний рН = 7 полегшує прикріплення відкладів) і різні фунгіцидні властивості, що принципово впливає на формування поверхневих відкладів [6–8].

Великий світовий досвід експлуатації елементів систем водообігу, виконаних з різних матеріалів, дозволяє вивести певні закономірності, важливі для розуміння механізмів формування відкладень на їх поверхні, подальшого впливу на зміну теплотехнічних і гідродинамічних характеристик, перспектив ефективності, дорожнечі і екологічності запланованих для застосування технологій очищення поверхонь від накопичених відкладень.

Наприклад, в трубах з нержавіючих високолегованих сталей типу 08X18N10T, а також – в трубах з мідно-нікелевих сплавів типу МНЖ, після експлуатації, спостерігається найменший рівень питомої кількості забруднень (лінійна швидкість утворень з прісної води Дніпра становить 0,6–1,2 мм/рік). У трубах зі Сталі 20 забруднень в 8–10 разів більше, причому половину з них складають продукти корозії [7–9].

Матеріали труб, що не містять міді, більш схильні до біообростання, ніж труби з високим вмістом міді [8–10]. Численні дослідження продемонстрували, що мідь і латунь є бактерицидними матеріалами, а нержавіюча стальні. Саме широко відомі протимікробні, фунгіцидні і антисептичні властивості міді та її сплавів призводять до мінімізації відкладів біологічного характеру на поверхнях мідних трубок. Питаннями якості води і водних ресурсів в системах повторного, багаторазового і оборотного водопостачання займалися такі вчені, як Д. Ф. Гончаренко, А. И. Алейников, А. К. Запольський, D. Stefanini, S. Wang, A. Tiri, L. Belkhiri, L. Mouni та ін.

Враховуючі відповідальність технологічних процесів необхідно вирішити важливу водогосподарську проблему яка полягає в підвищенні підготовки води в системах оборотного тепловодопостачання підприємств атомної енергетики.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Провести дослідження приладу електронної водопідготовки в системі оборотного тепловодопостачання для системи охолодження маслованни підшипника і електродвигуна насосної станції бризкальних басейнів циркуляційної системи.

*Основні матеріали дослідження.*

1. *Монтаж приладу електронної водопідготовки «HydroFLOW» перед початком випробувань.* Від магістрального трубопроводу, в кожному з насосних станцій, вода подається по трубопроводу (0VG40) Ду100 через арматуру 0VG40S01–42. На цю трубу, в приміщенні насосної станції, між запірною арматурою та механічним фільтром, був змонтований, на час випробувань, прилад електронної водопідготовки «HydroFLOW» (рис. 2).



Рисунок 2. Фото контрольних елементів в процесі монтажу і запуску приладу «HydroFLOW»

З метою візуальної оцінки стану елементів контурів водоохолодження насосних агрегатів НС19 і НС20, об 11<sup>02</sup> 25.08.2020р., зазначені насосні станції було відключено від мережі з розкриттям доступних елементів.



Розтин і візуальний огляд внутрішніх поверхонь підвідних трубок і охолоджуючого змієвика маслованни опорних підшипників, а також мідних трубопроводів системи водяного охолодження електродвигунів, їх механічне очищення або промивання водою перед початком випробувань не проводилися. При зупинці насосних агрегатів було проведено розбирання з очищенням внутрішніх поверхонь корпусів сіткових фільтрів з заміною сіткових елементів на чисті з наявного обмінного фонду і з відбором проб відкладів і води.

Також було оглянуто фланцеві з'єднання підвідних гребінок на систему розведення трубок охолодження електродвигуна з нанесенням контрольних зарубок, відбором проб відкладів і складу води.

Відбір проб і фотографування контрольних поверхонь обох насосних агрегатів було виконано співробітниками ВРХЛ ВП ЗАЕС у відповідності до стандартних методик. Матеріали аналізу відібраного матеріалу викладено в «Протоколі №38–21 / №1788 від 19.10.2020 за результатами обстеження фільтрів 19,20, фланцевих з'єднань і трубопроводів охолодження електродвигунів 0UL10D19,20 перед початком випробувань» [13]. За допомогою мобільного осцилографа OMRON, було проконтрольовано потужність сигналу «HYDROPATH», що генерується приладом «HydroFLOW», його частота і форма. Дані параметри, за підсумками проведеної перевірки, перебували в нормі. Індикатори роботи приладу і підтвердження генерації сигналу «HYDROPATH» червоного і зеленого кольору також були в нормі (Рис. 2).



Рисунок 3. Сигнал «HYDROPATH» перед сітковим фільтром



Рисунок 4 Стан контрольної пломби

Після установки прилад «HydroFLOW» був увімкнений у розетку однофазної електричної мережі змінного струму 220В, опломбований пломбою № L90279828 CONTROL (рис. 3, 4) і зачинений в металевий

захисний антивандальний кожух на ключ. Повторний пуск (старт випробувань) НС19 і НС20, після монтажу фільтра і елементів електродвигуна, було здійснено о 16<sup>54</sup> 25.08.2020р [13].

## 2. Опис роботи технологічної схеми і методики випробувань.

Для аналізу впливу сигналу «HYDROPATH», що генерується приладом «HydroFLOW», на ефективність очищення і подальшого захисту елементів контуру водоохолодження маселованни НС20, проведено порівняння стану контрольованих поверхонь контурів аналогічних елементів НС19 і НС20, а також їх стану при розбиранні після тривалої експлуатації перед початком та після закінчення випробувань.

Для підтримання в робочому діапазоні температури опорного підшипника насосного агрегату, його занурено в спеціальну масляну ванну, в яку вмонтовано спеціальний змійовик, по якому циркулює охолоджуюча технічна вода, що відбирається безпосередньо з підвідного каналу (рис. 5, 6) [11].

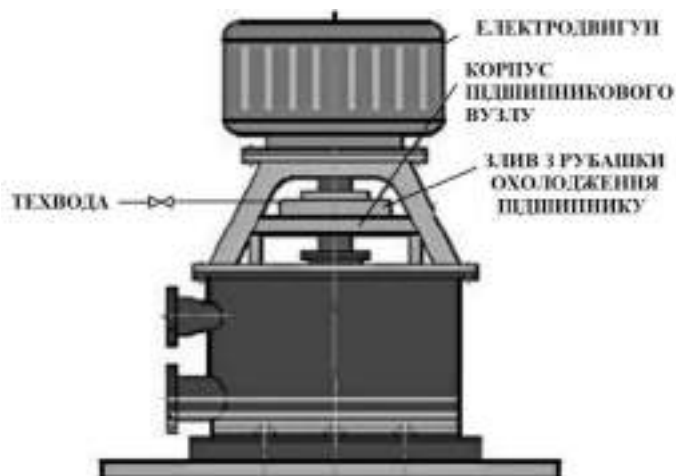


Рисунок 5. Схема подачі охолоджуючої води на опорний підшипник насосного агрегату [11]



Рисунок 6. Маселованна опорного підшипника

Перед потраплянням в охолоджуючий змійовик, вода, по трубі на якій встановлено випробуваний прилад «HydroFLOW», проходить через фільтр грубого очищення (розмір комірки становить близько 5 мм), на сіткових елементах якого (до 2 мм) осідає значна кількість сторонніх предметів (молюски, листя, елементи дерева, очерету, ін.) та різного виду біовідкладення.

Зважені та розчинені речовини, а також дрібна (менша за 2 мм) мушля та інші сторонні предмети вільно проходять через фільтр та сітку і, в подальшому, циркулюють по елементах охолоджувального контуру. Внутрішні діаметри трубок з вуглецевої сталі, по яких охолоджуюча вода подається до контуру водоохолодження маселованни





опорного підшипника, складають 20–25 мм. Діаметр змійовика–охолоджувача в корпусі маслованни – Ду40.

Частина зважених часток, разом з біоматеріалом, що включає біоплівку, сторонніми предметами – елементами іржі і дрібними, проникними скрізь сітку фільтра, молюсками осідає в елементах контуру, перекриваючи перетин трубки і погіршуючи ККД теплообмінного обладнання.

Малий внутрішній діаметр підвідних і відвідних трубок з вуглецевої сталі, які піддаються корозії, наявність в охолоджуючому змійовику маслованни опорного підшипнику 4–х різких поворотів на  $90^{\circ}$ , в сукупності з їх схильністю до обростання біоплівкою, зваженими частинками і молюсками, а також значна кількість потрапляючих до тракту дрібних молюсків сімейства Thiaridae є причиною часткового або повного перекриття перетину з відповідним погіршенням температурного режиму маслованни, аж до аварійної зупинки насосного агрегату.

Очікування позитивного впливу приладу «HydroFLOW» базується на відомій властивості генерованого ним сигналу «HYDROPATH» знищувати біоплівку, яка є живильним середовищем для мікрободоростей і колоній молюсків сімейства Thiaridae, з відповідним зменшенням засмічення перетину змійовика, поліпшенням теплопровідності його стінок і процесів тепловідведення від маслованни.

У маслованні підшипника кожного з насосних агрегатів встановлено по 2 (основний і резервний) датчика температури, які, з частотою 1 раз на секунду і з точністю до  $0,1^{\circ}\text{C}$ , передають дані на вимірювальну апаратуру, встановлену в спеціальному приміщенні РУВП (розподільчий пристрій власних потреб).

Запрограмована уставка температури автоматичного відключення насосного агрегату по температурі маслованни становить  $70^{\circ}\text{C}$  (попереджувальна сигналізація спрацьовує при  $60^{\circ}\text{C}$ ). Температура відібраної у підвідному каналі охолоджуючої води, у період випробувань, коливалася в діапазоні від  $33,5^{\circ}\text{C}$  на початковому етапі в літній період до  $16,7^{\circ}\text{C}$  при закінченні випробувань в першій декаді грудня 2020р. За період випробувань спрацювань аварійної попереджувальної сигналізації або аварійних відключень насосних агрегатів по температурі не зафіксовано.

*3. Оцінка відкладів на поверхнях елементів фільтрів насосних агрегатів HC19 і HC20 при контрольному розбиранні перед монтажем приладу «HydroFLOW».*

На початковому етапі випробувань 25.08.2020р., після планової зупинки HC19 і HC20, комісійно, були розкриті фільтри грубого очищення обох контрольованих насосних агрегатів. При цьому обидва

фільтри – як по внутрішніх поверхнях корпусів фільтрів, так і по внутрішніх і зовнішніх поверхнях їх сіткових елементів, мали ідентичний стан і характеризувалися високим ступенем забруднення іржею та біообростаннями (рис. 7,8) [13].



Рисунок 7. Загальний вигляд фільтра попереднього очищення насосного агрегату станції бризкальних басейнів циркуляційної системи ГЦ ВП ЗАЕС при розбиранні



Рисунок 8. Стан зовнішніх поверхонь сіток фільтрів насосних станцій при розбиранні на початку випробувань після тривалої експлуатації. Ліворуч – загальний вигляд сітки фільтра, праворуч – збільшений фрагмент.

Згідно з Протоколом випробувань [13], на зовнішній поверхні сіток фільтрів були присутні відкладення, що легко знімаються, брудно-зеленого кольору органічного походження, товщиною 1,0–5,0мм, а також щільно зчеплені з металом пористі, у вигляді наростів, продукти корозії конструкційного матеріалу фільтрів рудо-коричневого кольору, товщиною 1,0–7,0 мм, в деяких місцях висота (товщина) численних наростів становила 7,0–10,0 мм. На всіх



елементах фільтра була присутня велика кількість живих і відмерлих молюсків сімейства Thiaridae.

Прохідність зазначених фільтруючих елементів була мінімальною і такою, що явно надавала негативний вплив на гідродинамічні характеристики системи водоохолодження.

Після виконання обстеження фільтрів, було виконано заміну їх сіток на заздалегідь підготовлені (очищені механічним способом від різного роду відкладень) (рис. 9) [13]. Розбирання, візуальний огляд, очищення або промивання трубок подачі і відведення води, а також змійовиків маслованн опорних підшипників перед початком випробувань не проводилися.



Рисунок 9. Стан встановлених сітчастих фільтрів на початку випробувань. Ліворуч – фільтр НС19, праворуч – фільтр НС20.

Після цього фільтри було зібрано і закрито, а насосні агрегати – підготовлено до пуску. Після пуску насосних агрегатів, завершення пускових перехідних процесів, виходу на робочий режим і стабілізації вимірювальних параметрів, було відновлено фіксацію контрольних показників.

#### *Результати та висновки досліджень.*

1. Основним фактором, на який потрібно спрямувати зусилля в боротьбі з відкладеннями в системах технічного водопостачання теплових і атомних електростанцій, є розвиток біоплівки, яка є основною причиною погіршення процесів теплопередачі, харчової базою для розвитку макрообростань, включаючи обростання молюсками і джерелом розвитку різних видів корозії конструкційних матеріалів.

2. Висока резистентність мікроорганізмів і бактерій, сконцентрованих всередині біоплівки, неможливість, при сучасному рівні технічних знань, традиційних підходах, застосування відомих біоцидів, антибіотиків та інших реагентів, ефективних спроб



руйнування біоплівки по її поверхні, актуалізує необхідність пошуку і відпрацювання на практиці сучасних альтернативних технологій боротьби з відкладеннями в системах технічного водопостачання електростанцій.

3. Визнати за доцільне продовження довгострокових (до 1 року) промислових випробувань приладів електронної водопідготовки «HydroFLOW» великого діаметру на основному виробничому обладнанні ВП ЗАЕС ДП НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ» (та інших), з урахуванням зроблених зауважень і забезпечивши моніторинг зміни параметрів роботи даного обладнання в процесі випробувань, зняття і аналіз геометричних, механічних і хімічних властивостей шарів відкладів на початок і кінець випробувань (при необхідності – проміжні аналізи).

Список використаних джерел

1. Звіт щодо підсумків виконання технічного аудиту обладнання, розташованого в ЦВО, ДЗФ, ЦШГ, ЛМЦ, та ТСЦ ПрАТ «Полтавський ГЗК» згідно договору № 596 про виконання технічного аудиту від 10 березня 2020 року / розробн. О. А. Андріанов, О. В. Бережецький, В. М. Ваврикович, С. І. Мовчан. Запоріжжя, 2020. 16 с.

2. Гребень В. В., Хильчевский В. К. Современный водный режим рек Украины. *Материалы VII Всероссийского гидрологического съезда*. (г. Санкт-Петербург, 19–23.11.2013 г.). URL: <http://sibnigmi.ru/GidroCongress47.pdf> (дата звернення: 13.03.2021).

3. Novel biofilm control measures to prevent corrosion and biofouling in cooling water systems of nuclear power plants / R. P. George et al. *Journal of Biotechnology & Biomaterials*. 2012. Vol. 2, № 6. DOI: 10.4172/2155–952X.S1.015.

4. Müller–Steinhagen H. C4 Fouling of Heat Exchanger Surfaces. *VDI Heat Atlas*. Springer, 2010. DOI: 10.1007/978–3–540–77877–6\_7.

5. Bell K. J., Mueller A. C. 1.6. Fouling in Heat Exchangers. *Wolverine Engineering Data Book II*. Wolverine Division of UOP Inc, 1984. P. 45–57.

6. Grijspeerdt K., Hazarika B., Vucinic D. Application of computational fluid dynamics to model the hydrodynamics of plate heat exchangers for milk processing. *Journal of Food Engineering*. 2003. Vol. 57. P. 237–242.

7. Negative streamwise velocities and other rare events near the wall in turbulent flows / P. Lenaers et al. *Journal of Physics: Conference Series*. 2011. Vol. 318. P. 1–10.

8. Hjalmar A. Biofouling on plate heat exchangers and the impact of advanced oxidizing technology and ultrasound. Stockholm, 2014. 72 p.

9. Бубликов И. А. Научные принципы диагностирования и разработки методов снижения интенсивности образования отложений



в теплообменном оборудовании тепловых и атомных электростанций: дис. ... док. тех. наук: 05.14.14. Новочеркасск, 2004. 363 с.

10. Pugh S., Hewitt G. F., Müller–Steinhagen H. Fouling During the Use of Seawater as Coolant – The Development of a ‘User Guide’. *Heat Exchanger Fouling and Cleaning: Fundamentals and Applications*. 2003. URL: <https://dc.engconfintl.org/heatexchanger/3> (дата звернення: 14.10.2020).

11. Шелегов А. С., Лескин С. Т., Слободчук В. И. Насосное оборудование АЭС: учеб. пособие. Москва: НИЯУ МИФИ, 2011. 348 с.

12. Медные накипи. *Справочник химика 21 века. Химия и химическая технология*. URL: <https://chem21.info/info/801986/> (дата звернення: 14.10.2020).

13. Робочий звіт щодо підсумків виробничих випробувань тестового приладу електронної водопідготовки «HydroFLOW» на системі охолодження маслованни підшипнику та електродвигуна насосної станції №20 бризкальних басейнів циркуляційної системи ВП «Запорізька АЕС» ДП «НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ» / О. А. Андріанов, О. В. Бережецький, В. М. Ваврікович, С. І. Мовчан, В. І. Щелкунов. Енергодар-Запоріжжя, 2021. 103 с.

14. Виробничі випробування тестового приладу електронної водопідготовки «HydroFLOW» і довготривалого моніторингу теплотехнічних параметрів технологічного обладнання на об'єктах атомної енергетики / В. М. Кюрчев, С. І. Мовчан, В. І. Щелкунов, В. М. Ваврікович, О. А. Андріанов, О. В. Бережецький. *Меліорація та водовикористання. Професійна освіта: стан та перспективи: матеріали XIII наук.–практ. конф. Якимівка, 2021. С. 5–11.*

**V.M. Kiurchev<sup>1</sup>, S.I. Movchan<sup>1</sup>, O.V. Berezhetskyi<sup>2</sup>,**

**O.A. Andrianov<sup>3</sup>, V.I.Shchelkunov<sup>4</sup>**

**<sup>1</sup>Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University**

**<sup>2</sup>Limited Liability Company «SAV KOMPLEKT»**

**<sup>3</sup>Zaporizhzhya regional office of the International Chamber of Commerce  
ICC UKRAINE**

**<sup>4</sup>President of the International Chamber of Commerce ICC UKRAINE**

**PRODUCTION TESTING OF THE ELECTRONIC WATER  
TREATMENT TEST DEVICE "HydroFLOW"  
IN THE CIRCULATING HEAT SUPPLY SYSTEM**

***Summary***

According to the production testing results, the electronic water treatment test device "HydroFLOW" in the circulating heat supply systems at production and technological units in closed cycles of industrial energy enterprises was investigated.

The purpose of this work was to solve several interrelated tasks and objectives aimed at preventing and destroying carbonate sediments and biological fouling in cooling systems, as well as developing and implementing existing engineering solutions aimed at



efficient and rational use of water and water resources in circulating heat supply systems.

All cooling systems at NPPs are combined into a single and called the technical water supply system, which, in many respects, determines the reliability and efficiency of NPP operation. Investments in its construction are estimated at 10% of the kilowatt cost of installed capacity. According to the results of industrial testing of the electronic water treatment test device and monitoring of thermal parameters of technological equipment at nuclear power facilities. The main consumers of technical water at nuclear power plants are condensers of steam turbines, oil coolers and air coolers of turbogenerators, bearings of pumps and other auxiliary units, heat exchangers of ventilation systems, heat exchangers for cooling the purge water of the steam generator, etc. Long-term tests and test monitoring proved: positive long-term impact of the device "HydroFLOW" on the condition of the outer surface of the filter grids during their long operation; Significant reduction in the amount of biological deposits on the inner surface of the filter mesh when using the device: significant biofouling reduction when using the device "HydroFLOW", as well as deposits of rust, sludge and carbonates on the filter mesh of the pump unit; removal of biological deposits in the water cooling circuit of the air cooler of the electric motor, due to the use of the device "HydroFLOW".

**Key words:** nuclear energy, electronic water treatment, circulating water supply system, biological fouling, steam turbine condensers, oil coolers, air coolers of turbo generators.

**В.Н. Кюрчев<sup>1</sup>, С.И. Мовчан<sup>1</sup>, А.В. Бережецкий<sup>2</sup>,  
А.А. Андрианов<sup>3</sup>, В.И.Щелкунов<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Таврический государственный агротехнологический университет  
имени Дмитрия Моторного

<sup>2</sup>Общество с ограниченной ответственностью «САВ КОМПЛЕКТ»

<sup>3</sup>Запорожское региональное представительство международной торговой  
палаты ICC UKRAINE

<sup>4</sup>Международная торговая палата ICC UKRAINE

## **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕСТОВОГО ПРИБОРА ЭЛЕКТРОННОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ «HydroFLOW» В СИСТЕМЕ ОБОРОТНОГО ТЕПЛОВОДОСНАБЖЕНИЯ**

### *Аннотация*

По результатам промышленных испытаний тестового прибора электронной водоподготовки и мониторинга теплотехнических параметров технологического оборудования на объектах атомной энергетики.

Основными потребителями технической воды на АЭС является конденсаторы паровых турбин, маслоохладители и воздухоохладители турбогенераторов, подшипники насосов и других вспомогательных агрегатов, теплообменники вентиляционных систем, теплообменники доохлаждение продувочной воды парогенератора и др.

Длительными испытаниями и тестовым мониторингом доказано: положительный долгосрочный влияние применения прибора «HydroFLOW» на состояние внешней поверхности сеток фильтров при длительной их эксплуатации. Значительное уменьшение количества биологических отложений на внутренней поверхности сетки фильтра при использовании прибора: существенное уменьшение, при использовании прибора «HydroFLOW», «HydroFLOW», биообрастания, а также отложений ржавчины, ила и карбонатов на сетке фильтра



насосного агрегата; удаление, благодаря применению прибора «HydroFLOW», биологических отложений в контуре водоохлаждения воздухоохладителя электродвигателя.

**Ключевые слова:** атомная энергетика, электронная водоподготовка, система обратного водоснабжения, биологическое обрастание, конденсаторы паровых турбин, маслоохладители, воздухоохладители турбогенераторов.



УДК 631.51

С.І. Пастушенко<sup>1</sup>, д.т.н.

ORCID: 0000-0002-1996-3558

М.Б. Клендій<sup>1</sup>, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-8271-5381

В.М. Клендій<sup>2</sup>, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-6561-0139

О.М. Троханяк<sup>3</sup>, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-4671-5824

<sup>1</sup>*Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»*

<sup>2</sup>*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

<sup>3</sup>*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

e-mail: klendiy@ukr.net

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ БОРОНИ З ГВИНТОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

**Анотація.** У статті досліджено вплив на якісні показники роботи ґрунтообробних знарядь з гвинтовими робочими органами (відхилення від заданої глибини обробітку та нерівномірність профілю дна борозни) таких параметрів, як: швидкість руху агрегату, встановлена глибина обробітку ґрунту, спосіб руху батареї гвинтових робочих органів відносно напрямку руху. Розроблено гвинтовий робочий орган у вигляді решітчастого циліндра із прутків, до якого кріпиться гвинтова поверхня, виготовлена із листового металу. І така його конструкція запобігає забиванню гвинтової поверхні ґрунтом. Запропонований робочий орган працює як коток, де ґрунт вільно проходить через зазори між прутками. Розроблено конструкцію і виготовлено гвинтові робочі органи борони, а також експериментальний варіант борони з гвинтовими робочими органами та проведено польові дослідження агрегату, які дали можливість визначити оптимальні кінематичні параметри та спосіб руху по полю при яких можливо виконати технологічний процес обробітку ґрунту з показниками роботи, що відповідають агровиимогам.

**Ключові слова:** борона з гвинтовими робочими органами, якість обробітку, глибина обробітку, профіль дна борозни, швидкість руху, агротехнічні вимоги

**Постановка проблеми.** Ґрунтообробні робочі органи сільськогосподарських машин створюють необхідні умови для інтенсивного росту і розвитку рослини: у зв'язку з обробітком ґрунту полегшується доступ кисню і вологи у ґрунт, коренева система швидше





розвивається і рослиною інтенсивно засвоюються макро- та мікроелементи з ґрунту, що веде до швидшого розвитку рослини і, як результат, потенціал біологічного врожаю зростає. Від показника ефективності використання сільськогосподарської техніки залежить як врожайність (забезпечення потреб рослин в цілому), так 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 виконання операції. Тому насущним 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.* Метою дослідження було встановлення впливу на якісні показники роботи борони з гвинтовими робочими органами (відхилення від заданої глибини обробітку, профіль дна борозни) таких параметрів, як: швидкість руху агрегату, глибина обробітку ґрунту, також способу руху батареї гвинтових робочих органів відносно напрямку руху.



*Основна частина.* На основі теоретично одержаних конструктивних параметрів витків гелікоїда, було розроблено конструкцію і виготовлено гвинтові робочі органи борони різних типорозмірів для обробки ґрунту на глибини 8 см, 10 см, 12 см, що відрізняються між собою висотою гвинтової поверхні, конструкцію яких показано на рис. 1, а також експериментальний варіант борони з гвинтовими робочими органами (рис. 2) [11. 12].



Рисунок 1. Загальний вигляд гвинтового робочого органу



Рисунок 2. Загальний вигляд борони з гвинтовими робочими органами

В табл. 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).	2090x1430 x 1250

Для визначення якісних показників роботи борони з гвинтовими робочими органами були проведені польові випробування експериментального взірця борони, результатом яких є встановлення впливу на якісні показники роботи борони з гвинтовими робочими органами (відхилення від заданої глибини обробітку, профіль дна борозни) таких параметрів, як: швидкість руху агрегату, встановлена глибина обробітку ґрунту, спосіб руху агрегату.

Програма досліджень передбачала оцінку роботи гвинтової борони при різних напрямленнях руху відносно розташування рядка: вздовж рядка, під кутом  $20^{\circ}$  та під кутом  $40^{\circ}$ . Показники, що характеризують стан поля, представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Умови роботи борони з гвинтовими робочими органами при польових дослідженнях

Показники умов	Фон (після збирання кукурудзи на зерно)
Вологість повітря, %	82
Швидкість вітру, м/с	1,2
Вологість (%) ґрунту в шарах:	
0 - 5 см	15,65
5 -10 см	15,44
10-15 см	15,87
Забур'яненість поля до проходу агрегату: шт./м <sup>2</sup>	5,0
Висота стерні, см	18,0
Вологість матеріалу, %	58,32
Маса рослинних залишків, г/м <sup>2</sup>	2743



Визначення показників якості проводилось 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. Машина і знаряддя для поверхневого обробітку ґрунту. Програма та методи випробувань. Держстандарт України;

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

Методика дослідження якісних показників виконання технологічних операцій полягає в наступному. Глибину ходу робочих органів заміряли використовуючи спеціально виготовлений металевий щуп з поділами. Щуп занурювали у ґрунт, як це показано на рис. 3, до тих пір, доки він не почне контактувати з подошвою, утвореною гвинтовим робочим органом. Після чого оцінювали позначку на шкалі щупа і фіксували її в робочих матеріалах. Отримані дані використовувались для аналізу утримання глибини ходу робочих органів та відхилення середньої фактичної глибини обробітку ґрунту від заданої.



а

б

Рисунок 3. Визначення якісних показників роботи борони з гвинтовими робочими органами

Визначення глибини западин та висоти гребенів після обробітку ґрунту бороною з гвинтовими робочими органами проводилось з використанням 2-х метрової рейки, покладеної на гребні та лінійки, яку встановлювали на дно борозни. Отримані дані фіксувались в робочих матеріалах.

Для обробки отриманих даних та побудови графіків використовували графічний редактор Microsoft Office Excel.

На рис. 4, 5 та 6 наведено порівняння показників відхилення від заданої глибини обробітку при різних кутах розміщення батареї



гвинтових робочих органів відносно напрямку руху: перпендикулярно до напрямку руху (під кутом  $0^\circ$ , вздовж рядка), під кутом  $20^\circ$  та під кутом  $40^\circ$  для встановлених глибин обробітку у 8, 10 та 12 см відповідно.

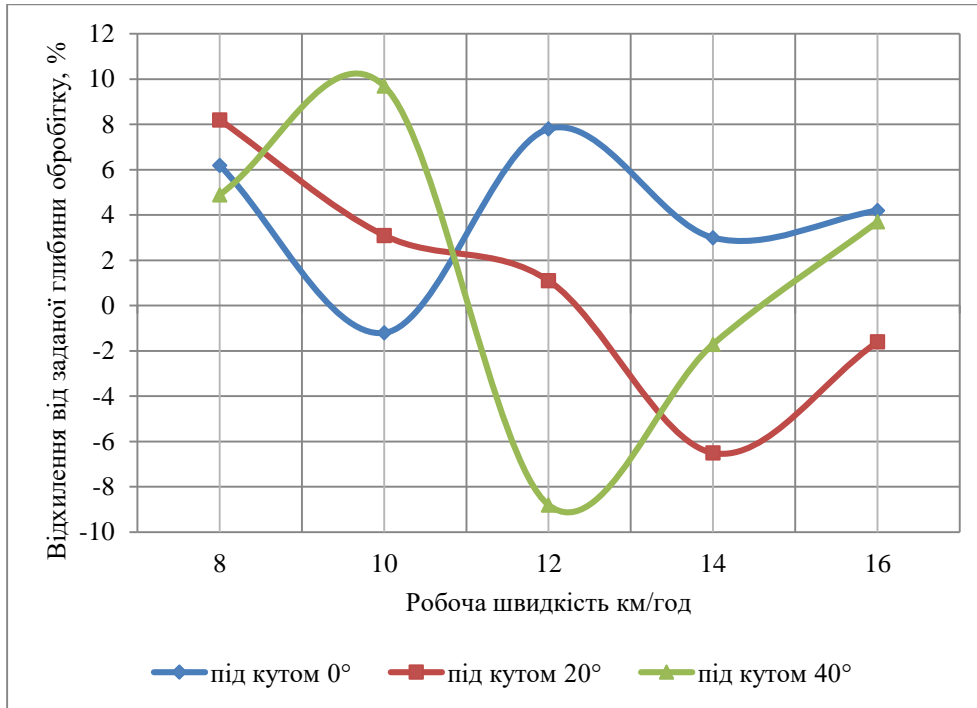


Рисунок 4. Відхилення глибини обробітку при різних способах руху (встановлена глибина 8 см)

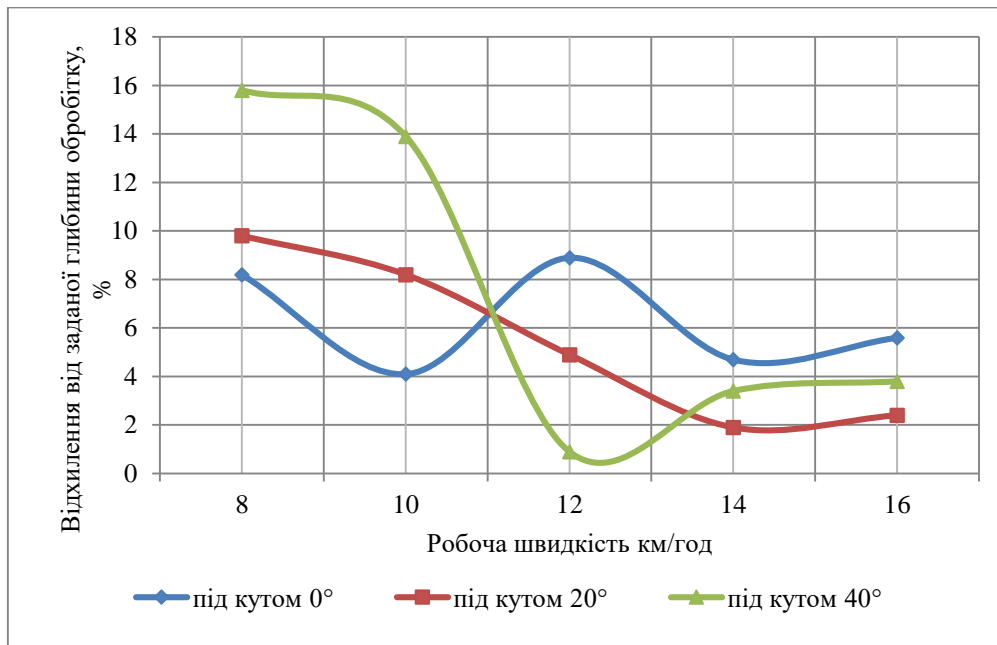


Рисунок 5. Відхилення глибини обробітку при різних способах руху (встановлена глибина 10 см)



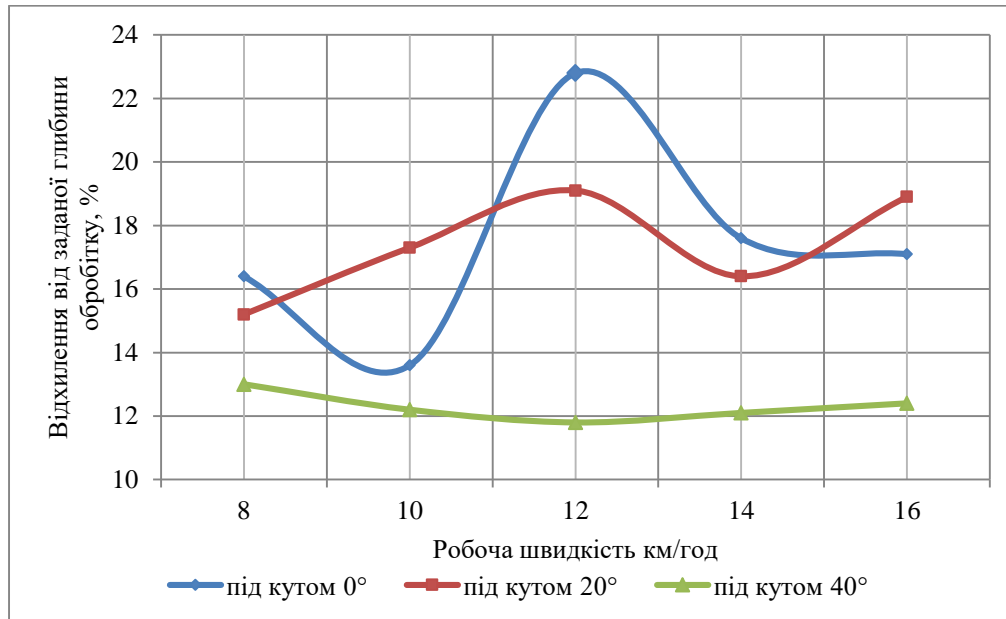


Рисунок 6. Відхилення глибини обробітку при різних способах руху (встановлена глибина 12 см)

Як видно з графічних залежностей, при напрямку руху батареї гвинтових робочих органів вздовж рядка значення величин відхилень збільшувались зі збільшенням глибини обробітку. Для всіх глибин обробітку (8 см, 10 см, 12 см) найбільші відхилення (8,9 %, 7,8 %, 22,8 %) були зафіксовані при швидкості руху агрегату 12 км/год, а найменші значення відхилень спостерігались при швидкості руху борони 10 км/год (-1,2 %, 4,1 %, 13,6 %).

При напрямку руху батареї гвинтових робочих органів під кутом 20° до напрямку руху значення величин відхилень також збільшувались зі збільшенням глибини обробітку. Для глибини обробітку 8 см найменші відхилення 1,1 % були зафіксовані при швидкості руху агрегату 12 км/год, для глибини обробітку 10 см найменші відхилення 1,9 % були зафіксовані при швидкості руху агрегату 14 км/год та для глибини обробітку 12 см найменші відхилення 15,2 % були зафіксовані при швидкості руху агрегату 8 км/год. Від'ємні значення величини відхилень для глибини обробітку 8 см вказують на те, що гвинтові робочі органи борони заглиблювались понад встановлені при налаштуванні межі.

При напрямку руху батареї гвинтових робочих органів під кутом 40° до напрямку руху значення величин відхилень також збільшувались зі збільшенням глибини обробітку. Для всіх глибин обробітку (8 см, 10 см, 12 см) найменші відхилення (-8,8 %, 0,9 %, 11,8 %) були зафіксовані при швидкості руху агрегату в діапазоні 12 км/год. Від'ємні значення величини відхилень для глибин обробітку 8 см вказують на те, що гвинтові робочі органи борони заглиблювались понад встановлені при





налаштуванні межі.

Слід зазначити, що при всіх напрямках руху батареї гвинтових робочих органів значення відхилень від заданої глибини обробітку не перевищували встановлені агрономіями 20 см.

При глибині обробітку 8 см (рис. 4) для всіх трьох напрямків руху найменші відхилення спостерігалися при швидкостях 14 та 16 км/год (3 % та 4,2 % для руху вздовж рядка, -1,7 % та 3,7 % для руху під кутом 20° і -6,5 % та -1,6 %). На швидкості в межах від 10 до 14 км/год меншими за абсолютним значенням були відхилення при руху батареї вздовж рядка.

При встановленій глибині обробітку у 10 см (рис. 5) кращі результати агрегат продемонстрував при руху під кутом 20°, окрім діапазону швидкості від 8 – 10 км/год. При встановленій глибині обробітку у 12 см (рис. 6) менші значення відхилень глибини обробітку отримали при руху агрегату під кутом 40° до рядка. При цьому варто зазначити, що в діапазоні швидкостей руху агрегату від 8 до 10 км/год значення відхилень відрізнялись несуттєво та склали близько 15 %.

Згідно агрономічного відхилення профілю дна борозни після обробітку ґрунту гвинтовими робочими органами (дискування) має не перевищувати 5 см.

На рис. 7, 8 та 9 наведено порівняння показників профілю дна борозни для досліджуваних трьох способів руху: вздовж рядка, під кутом 20° та під кутом 40°, при встановлених глибинах у 8, 10 та 12 см відповідно.

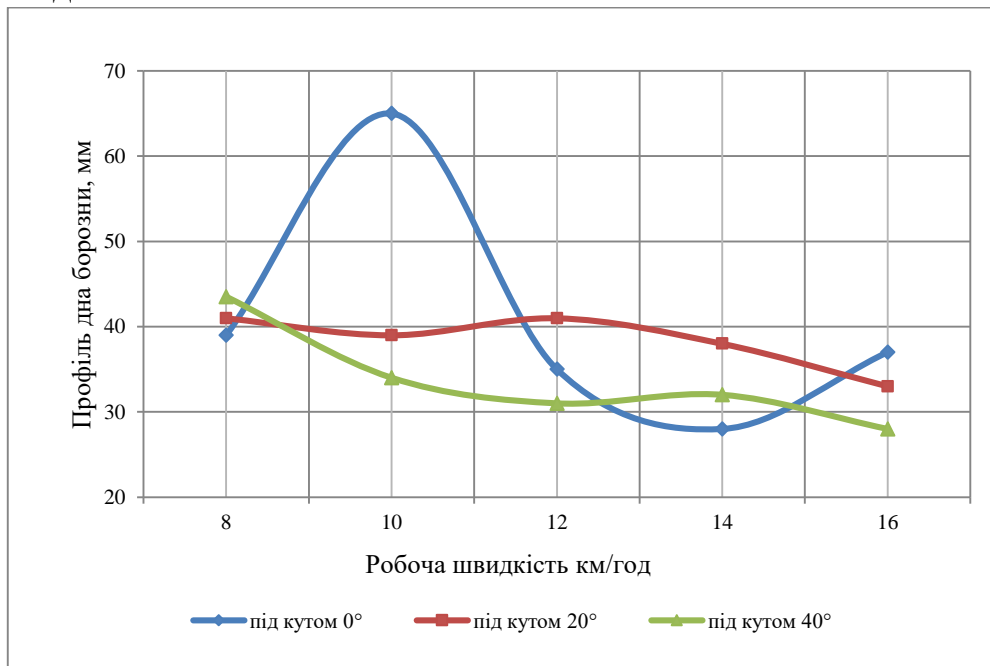


Рисунок 7. Профіль дна борозни при різних способах руху (встановлена глибина 8 см)

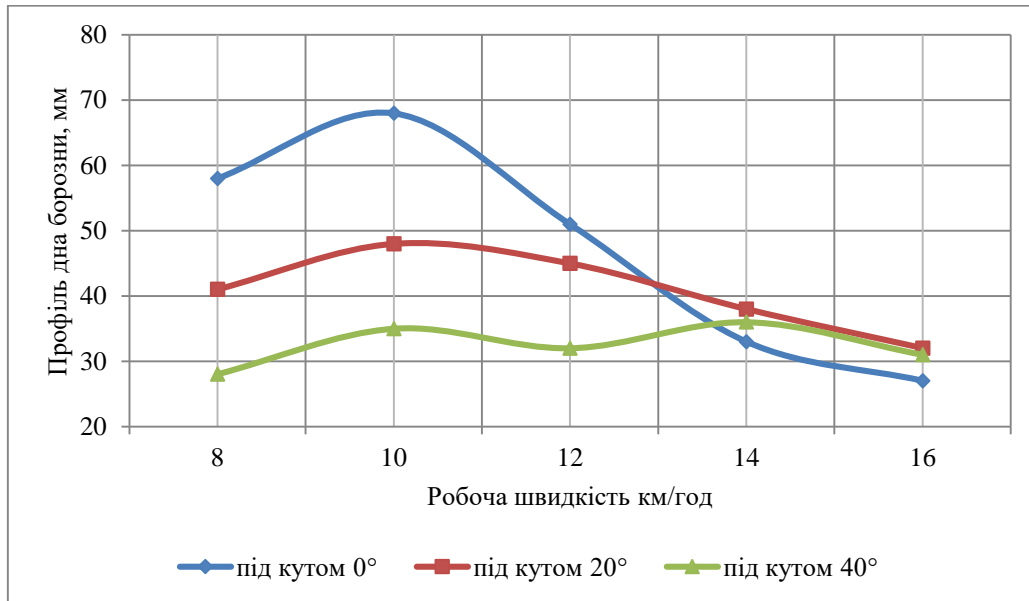


Рисунок 8. Профіль дна борозни при різних способах руху (встановлена глибина 10 см)

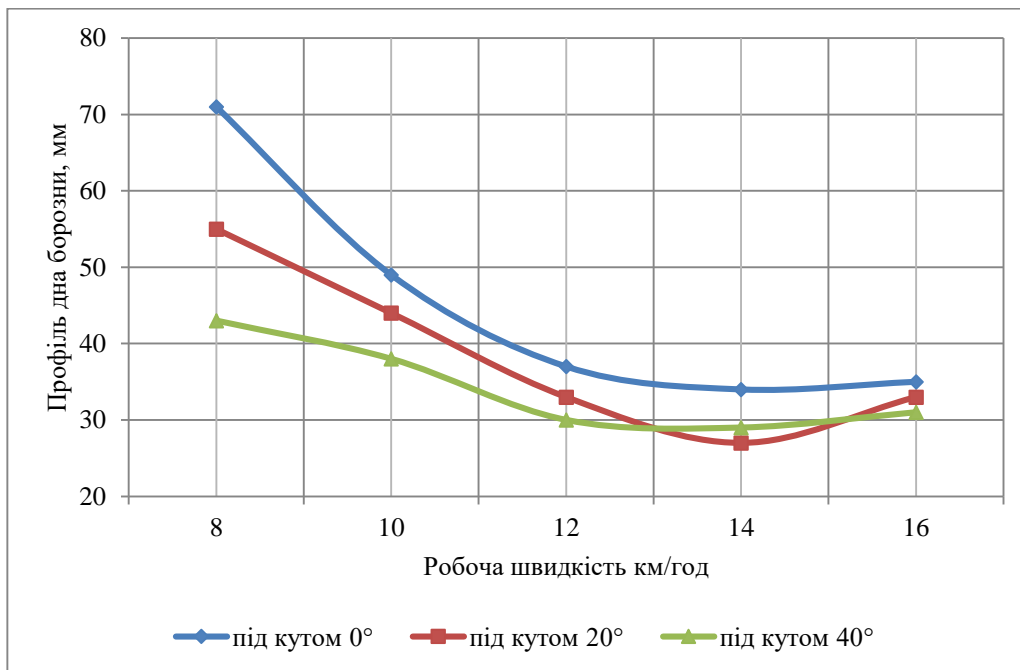


Рис. 9. Профіль дна борозни при різних способах руху (встановлена глибина 12 см)

Як видно з рис. 7, при встановленій глибині обробітки в 8 см, вдалося дотриматись агрономог для всіх швидкостей руху при всіх трьох способах руху, окрім діапазону 9 – 11 км/год при руху вздовж рядка.

Під час обробітку ґрунту гвинтовим робочим органом на глибину 10 см (рис.8) в діапазоні швидкостей 8 – 12 км/год кращі результати були отримані при руху під кутом 40° до рядка, тоді як при руху прямо



значення профілю дна борозни перевищили допустимі агрономіями. Але в діапазоні швидкостей 14 – 16 км/год кращі результати були отримані при руху вздовж рядка, при цьому для всіх трьох способів руху були дотримані агрономіями. Під час обробки ґрунту гвинтовим робочим органом на глибину 12 см (рис. 9) кращі результати на всіх швидкостях руху батарея гвинтових робочих органів продемонструвала при руху під кутом 40° до рядка. Дотримались агротехнічних вимог при руху вздовж рядка вдалося при швидкості руху 10-16 км/год, а при руху під кутом 20° до рядка – 9 – 16 км/год.

Як видно з рис. 7, 8, 9 при напрямку руху батареї гвинтових робочих органів вздовж рядка значення величин западин зменшувались із збільшенням швидкості руху агрегату для діапазону швидкостей 10 – 16 км/год. Також видно, що при швидкості руху 8-10 км/год для жодної з встановлених глибин обробки не вдалося домогтися виконання агрономіями (не більше 50 мм).

При напрямку руху батареї гвинтових робочих органів під кутом 20° до рядка забезпечити дотримання агрономіями агрегатом вдалося при всіх встановлених глибинах та швидкостях руху, крім для глибини обробки 12 см при швидкості руху 8-9 км/год.

При напрямку руху батареї гвинтових робочих органів під кутом 40° до рядка забезпечити дотримання агрономіями агрегатом вдалося при всіх встановлених глибинах та швидкостях руху.

*Висновки.* Аналіз даних польових досліджень борони з гвинтовими робочими органами дав можливість визначити оптимальні параметри швидкості руху ґрунтообробного агрегату, глибини обробки та способу руху по полю, при яких можливо виконати технологічний процес обробки ґрунту гвинтовими робочими органами з показниками роботи, що відповідають агрономіями. Так при всіх напрямках руху батареї гвинтових робочих органів значення відхилень від заданої глибини обробки не перевищували встановлені агрономіями 20 см.

За показником величини профілю дна борозни кращим виявився спосіб руху під кутом 40° до рядка. Дотримались агротехнічних вимог при руху вздовж рядка вдалося при швидкості руху 10 – 16 км/год, а при руху під кутом 20° до рядка – при швидкості руху 9 – 16 км/год.

#### Список використаних джерел

1. Стрельбицкий В. Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины. Москва: Машиностроение, 1978. 218 с.
2. Циммерман М. З. Рабочие органы почвообрабатывающих машин. Москва: Машиностроение, 1978. 162 с.
3. Нартов П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия. Воронеж: Издательство ВГУ, 1972. 158 с.



4. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. I (ч. 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: Око, 2001. 444 с.
5. Клендій М. Б., Пилипака С. Ф. Аналітична модель установки ґрунтообробних сферичних дисків для визначення геометричних та технологічних характеристик. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. Вип. 241. С. 140–150.
6. Гриненко О., Лебедев С. Дослідження коливань дискових ґрунтообробних знарядь. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого*. 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*. 1985. С. 18.
8. Гапоненко О. І. Програмування рівномірності обробітку дисковими робочими органами на пружних стійках. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки*. 2012. Вип. 11. С. 135–141.
9. Клендій М. Б., Пилипака С. Ф. Рух частинки по поверхні сферичного ґрунтообробного диска. *Науковий вісник НУБіП України. Сер. 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: зб. наук. праць XVIII Міжн. наук. конф. Кам'янець-Подільський*, 2017. С. 170-174.
12. Борона з гвинтовими робочими органами Україна: пат. 133362 Україна. МПК (2019.01) A01B 25/00). № а 201702099; заявл. 6.03.2017 опубл. 10.03.2019. Бюл. № 7.
13. Pylypaka S., Klendii M., Klendii O. Particle motion on the surface of a concave soil-tilling disk. *ACTA POLYTECHNICA*. 2018. Vol. 58, № 3. P. 63-73. DOI: 10.14311/AP.2018.58.0201.
14. Гевко І. Б. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів: дис. ... докт. техн. наук: 05.02.02. Львів. 2013. 464 с.
15. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку / Д. Г. Войтюк та ін. Київ: Вища освіта. 2005. 464 с.
16. Conveyance of a particle by a vertical screw, which is limited by a coaxial fixed cylinder / S. F. Pylypaka et al. *Bulletin of the Karaganda University. Ser. Mathematics*. 2019. Vol. 95, № 3. P. 108-118.



17. Pylypaka S., Nesvidomin V., Zaharova T., Pavlenko O. The investigation of particle movement on a helical surface. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2020. P. 671-681. DOI: 10.1007/978-3-030-22365-6\_67.

18. Loveikin V. S. Romesevych Yu. O. Dynamic optimization of a mine winder acceleration mode. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2017. № 4. P. 81-87.

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. Vol. 12, № 3. P. 937–948.

20. Pilipaka S. F., Babka V. N., Zaharova T. N. Forma osi gibkoy neshhimaemoy polosi pri ee tolkanii po naklonnoy sherohovatoy ploskosti s postoyannoy skorostyu. *Motrol*. 2013. Vol. 15, № 4. P. 198-205.

21. External rolling of a polygon on closed curvilinear profile / S. F. Pylypaka et al. *Acta Polytechnica. Journal of Advanced Engineering*. 2021. Vol. 61, № 1. P. 270-278. DOI: 10.14311/AP.2021.61.0270.

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

Стаття надійшла до редакції 8.05.2021 р.

**S.I. Pastushenko<sup>1</sup>, M.B. Klendii<sup>1</sup>, V.M. Klendii<sup>2</sup>, O.M. Trokhaniak<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Separate subdivision of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Brzezany Agrotechnical Institute"

<sup>2</sup>Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyuy

<sup>3</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

## **DETERMINATION OF QUALITY INDICATORS OF WORKING BORONS WITH SCREW WORKING BODIES**

### *Summary*

Tillage working bodies of agricultural machines create the necessary conditions for intensive growth and development of the plant: in connection with tillage the access of oxygen and moisture to the soil is facilitated, the root system develops faster and the plant intensively absorbs macro- and microelements from the soil, which leads to faster development. plants and, as a result, the potential for biological yield increases. The issue of reducing the cost of technological operations while maintaining the productivity of agricultural machinery and the quality of the operation is relevant. The influence of qualitative indicators of work of soil tillage tools with screw working bodies (deviation from the specified depth of cultivation and unevenness of the profile of the bottom of the furrow) is investigated in the article such parameters: speed of movement of the unit, set



depth of tillage of the machines, rotation of the battery of the rotating working organs. A screw working body is developed in the form of a lattice cylinder made of rods to which a screw surface made of sheet metal is fastened. And this design prevents the screw surface from clogging the soil. The proposed working body works as a roller, where the soil freely passes through the gaps between the bars. The design and production of the screw working bodies of the harrow, as well as the experimental variant of the harrow with the screw working bodies were developed and field investigations of the unit were made, which made it possible to determine the optimal kinematic parameters and the way of movement on the field at which it is possible to perform the technological process of soil cultivation with the corresponding work parameters. agri-requirements.

**Key words:** harrow with screw working bodies, machining quality, working depth, furrow bottom profile, speed, agrotechnical requirements.

**С.И. Пастушенко<sup>1</sup>, М.Б. Клендий<sup>1</sup>, В.М. Клендий<sup>2</sup>, О.М. Троханяк<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Обособленное подразделение Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Бережанский агротехнический институт»

<sup>2</sup>Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя

<sup>3</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ БОРОНЫ С ВИНТОВЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ**

### *Аннотация*

В статье исследовано влияние на качественные показатели работы почвообрабатывающих орудий с винтовыми рабочими органами (отклонение от заданной глубины обработки и неравномерность профиля дна борозды) таких параметров, как: скорость движения агрегата, установлена глубина обработки почвы, способ движения батареи винтовых рабочих органов относительно направления движения. Разработан винтовой рабочий орган в виде решетчатого цилиндра с прутков, к которому крепится винтовая поверхность, изготовленная из листового металла. И такая его конструкция предотвращает забивание винтовой поверхности грунтом. Предложенный рабочий орган работает как каток, где почва свободно проходит через зазоры между прутьями. Разработана конструкция и изготовлены винтовые рабочие органы бороны, а также экспериментальный вариант бороны с винтовыми рабочими органами и проведены полевые исследования агрегата, которые позволили определить оптимальные кинематические параметры и способ движения по полю при которых возможно выполнить технологический процесс обработки с показателями работы, соответствующие агротребованиям.

**Ключевые слова:** бороны с винтовыми рабочими органами, качество обработки, глубина обработки, профиль дна борозды, скорость движения, агротехнические требования.





УДК 579.64:621.86

А. О. Парієв<sup>1</sup>, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-7193-1409

Ю. А. Філоненко<sup>1</sup>,

ORCID: 0000-0002-5644-0916

Т. М. Коротченко<sup>1</sup>,

ORCID: 0000-0002-1660-7187

*Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва  
ННЦ «ІМЕСГ»*

e-mail: imtuaan@ukr.net, тел.:050-036-49-85

Ю. Г. Вожик<sup>2</sup>, д.т.н.,

ORCID: 0000-0003-4449-0024

*Інститут механізації та електрифікації сільського господарства*

e-mail: nnc-imesq@ukr.net

М. В. Патика<sup>3</sup>, д.с-г.н., професор,

ORSID: 0000-0002-2506-8699

член-кор. НААН України

*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

e-mail: npatyka@gmail.com, тел.:098-220-83-59

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ БІОКОНВЕРСІЇ РОСЛИННИХ РЕШТОК ПРИ КОМПОСТУВАННІ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ**

**Анотація.** Впровадження технології перероблення органічних відходів за допомогою мікробіологічних препаратів дозволяє скоротити строки приготування добрив до 2-х місяців, використання добрив дозволить підвищити врожайність культур щонайменше на 15% та відновити родючість ґрунтів.

Готові компости (органічні добрива) відповідають таким якісним вимогам: мають дрібно-грудкувату структуру з розміром часток не більше 20 мм; вологість – від 50% до 60%; невисоку лужність, нейтральну реакцію середовища; вміст органічної речовини – не менше ніж 75%; співвідношення С:N у межах 15±3:1; поживних біогенних речовин у легкодоступних для рослин формах – не менше ніж 50%; втрати органічної речовини і азоту під час компостування – не більше ніж 20%; відсутність неприємних запахів.

**Ключові слова:** добрива, мікробіологічний препарат Екстракон, технологічний процес, рослинні рештки

**Постановка проблеми.** Україна має високорозвинений сектор сільського господарства зокрема рослинництва, який щорічно генерує великі об'єми різноманітних решток, в зв'язку з цим виникає необхідність розроблення технології компостування рослинних решток



з додаванням біопрепаратів. Застосування біологічних препаратів на основі мікробних агентів вирішує проблему відновлення природних ресурсів землі, підвищення її родючості та позитивно впливає на майбутній врожай [1-4]. Важливим ї те, що рослинні рештки, зруйновані мікробами-деструкторами, дозволяють більш якісно підготувати ґрунт під посів наступних культур та оздоровити його, знижуючи навантаження шкідливих патогенів та комах [5-7].

Відходи поділяються на первинні, тобто ті, що утворюються безпосередньо при збиранні врожаю та вторинні, які генеруються при обробці врожаю на підприємствах. Післяжнивні рослинні рештки сприяють поліпшенню фізичних характеристик складного компосту, його щільності, пористості та структури, що в свою чергу підвищує якість компостного матеріалу. Розкладання рослинних решток, які залишаються після прибирання врожаю, найбільш інтенсивно протікають в ранньовесняний період з наступом постійних позитивних температур. Найбільше решток залишається після збору врожаю у вигляді соломи [8-10].

При розкладанні внесеної в ґрунт соломи переважають два основні процеси трансформації органічної речовини: до кінцевих продуктів – вуглекислоти, води і мінеральних елементів – мінералізація; до утворення стабільних гумусових речовин – гуміфікація. Гуміфікація свіжої органічної речовини соломи формує цінні властивості ґрунтів: структуру, водопроникність, щільність, вологостійкість [11,12].

*Аналіз останніх досліджень.* В основу розробки покладено результати досліджень, проведених у ЗНДЦМТ ННЦ «ІМЕСГ»: приготування компостів з рослинних решток за допомогою біопрепарату Екстракон.

Сучасним трендом розвитку біотехнології є використання мікробних біопрепаратів, які призначаються для трансформації органічних речовин в гумусоподібну субстанцію та активізації трофічних зв'язків у системі «ґрунт-рослина» [13-15].

Поживні рештки сільськогосподарських культур є середовищем для життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів, а після їх трансформації органічною матрицею для нових ґрунтових агрегатів, джерелом амінокислот, лігніну та поліфенолів, з яких утворюються гумусові речовини, органічна біомаса збагачує ґрунт значними запасами сполук вуглецю та азоту. Повертаючи органічну речовину до ґрунту за природні біологічні цикли та запускають функціонування процесів допомогою мікроорганізмів, що входять до складу біопрепарату відновлюють ґрунтоутворення [16-19].

*Формулювання цілей статті.* Встановлення закономірностей біоконверсії рослинних решток в процесах прискореного компостування відходів рослинництва з використанням



мікробіологічного препарату Екстракон на основі консорціуму ґрунтових мікроорганізмів та обґрунтування основних положень процесу.

*Основна частина.* В 2020 році в ЗНДЦМТ проведені лабораторно-польові дослідження по приготуванню компостів з рослинних решток (соломи пшениці).

Проведено дослідження закономірностей біотермічних процесів [16,17], кінетики температурних режимів і розкладу органічної речовини рослинних решток. Визначено зміни фізико-хімічних і мікробіологічних властивостей компостів у залежності від тривалості процесу компостування.

Для проведення лабораторно-польових досліджень були відібрані рештки соломи пшениці озимої. Солома подрібнювалась до розміру менше ніж 50 мм, зволожувалась до 65% та пошарово закладалась в бурти з додаванням біопрепарату Екстракон. На рис.1 представлено фото закладеного бурта.

Біопрепарат Екстракон додавався до решток соломи з розрахунку 1 кг сипучої форми для компостування 1 м<sup>3</sup> рослинних решток.



Рисунок 1. Бурт (солома пшениці озимої), оброблений біопрепаратом Екстракон

Температуру в середині бурта почали вимірювати на 3 день після закладання бурта.

При проведенні лабораторно-польових досліджень компостування решток соломи пшениці озимої були виявлені залежності зміни температури і зафіксовані усі необхідні стадії протікання процесу.

На рис. 2 представлено результати спостережень температурного режиму в бурті – солома пшениці озимої.

Моніторинг за температурним режимом на початковій стадії компостування здійснювався один раз на добу.

Кінетику біотермічного процесу оцінювали шляхом вимірювання температури компостного бурта в 3-х точках за допомогою переносного цифрового термометра типу DT841 (модель RST07841) з чутливістю  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

Компостні рештки перемішувалися один раз на 10 днів для підтримки аерації, так як в аеробних умовах процес компостування відбувається більш інтенсивніше.

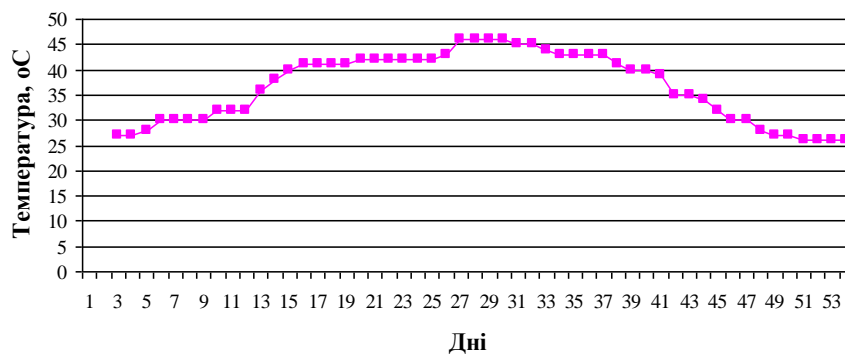


Рисунок 2. Залежність температури від строку компостування – бурт солома пшениці озимої

Визначення зрілості компосту відбувалося візуально за наступними ознаками:

- зниження температури всієї маси в бурту;
- почорніння та руйнування решток;
- відсутність запаху (запах лісного перегною).

На рис. 3 представлено фото готового компосту.



Рисунок 3. Фото отриманого органічного добрива з решток соломи пшениці



Фракційний склад визначався за допомогою класифікатора, до складу якого входять стандартні сита з отворами діаметром 10; 7; 5; 3; 2. Досліджуваний компонент компостних сумішей закладався на верхнє сито ( $d=10$  мм) класифікатора і просіювався до повного розділення на фракції. Результати фракційного складу отриманого добрива представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

## Результати фракційного складу у % відношенні

Технологічна операція	Діаметр отворів ситового класифікатора, мм					
	10	7	5	3	2	1
Перемішування	11	17,8	13,6	32,2	25,4	-

На рис. 4 представлено гістограму – фракційний склад добрива в % відношенні.

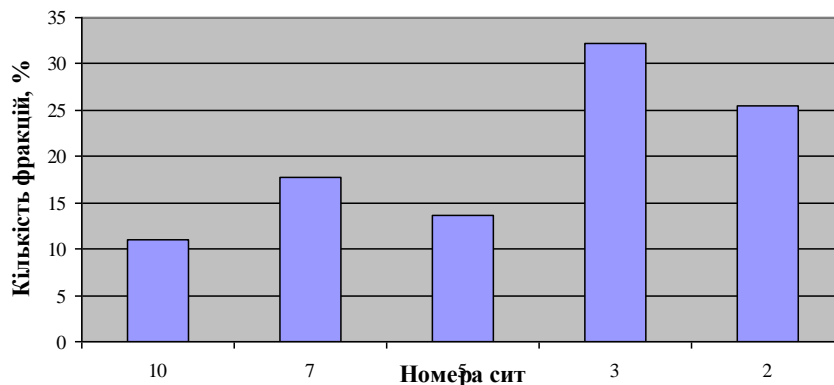


Рисунок 4. Гістограма – фракційний склад отриманого добрива

Оптимальні умови дії біопрепарату: рН від 5,0 до 7,0 при температурі від 15 до 35°C, вологості 40-60%.

Проведено агрохімічний аналіз отриманого добрива: вміст загального азоту – 1,68 %; загального фосфору – 0,05 %; калію – 1,32 %; органічна речовина – 43,8 %; вологість – 47,3 %; зольність – 12,43 %; суха речовина – 52,7 %.

*Висновки.* Застосування біологічного препарату на основі консорціуму ґрунтових мікроорганізмів (Екстракон) створює умови для процесу повного розкладання решток соломи пшениці з кінцевим терміном 2,5 місяця від початку процесу компостування проти 6 місяців компостування в бурті без додавання біопрепарату.

Проведені лабораторно-польові дослідження компостування решток соломи пшениці з додаванням біопрепарату Екстракон створює умови швидкого та органічного перероблення решток соломи пшениці на добрива за допомогою перспективних механізованих технологій та сприяє підвищенню родючості ґрунтів.





## Список використаних джерел

1. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. Pp. 478-480.
2. Serebryakova N. Use of threedimensional computer visualization in the study of nanostructures. Минск: БГАТУ, 2020. С. 517-519.
3. Komar A. S. Fertilization of poultry manure by granulation. *Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production: Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference*. 2019. Pp. 18–20
4. Boltianska N.I., Manita I., Podashevskaya H. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. *Інженерія природокористування*. Харків: ХНУСГ, 2020. №2(16). С. 33–37.
5. Manita I., Podashevskaya H. Areas of application of nanotechnologies in animal husbandry. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 357-361.*
6. Sklar R. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Rome. 2021. Pp. 171-176.
7. Serebryakova N., Podashevskaya H., Manita I. Selection of optimal modes of heat treatment of grain. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 20-24.*
8. Boltianska N.I., Boltianskyi O.V., Boltianskyi B.V. Reducing energy expenses in the production of pork. *WayScience*. Dnipro, Ukraine, 2021. P.1. С. 27-29.
9. Парієв А. О., Філоненко Ю. А., Патика М. В. Експериментальні дослідження біопрепарату Екстракон для отримання компостів з рослинних решток. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. Глеваха, 2020. Вип. 12 (111). С. 44-50.
10. Вожик Ю. Г. «Три кити» органічного землеробства. *Пропозиція*. 2018. № 11. С. 82-89.
11. Ляшенко О. О. Наукові підходи до вдосконалення технології прискореного компостування органічних відходів. *Тваринництво XXI сторіччя: Новітні технології, досягнення та перспектива: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Харків, 2006. С. 213-218.*
12. Шевченко І., Ляшенко О., Махмудов І. Органічні відходи як альтернатива. *Агро перспектива*. 2009. № 11 (18). С. 42-45.



13. Методичні рекомендації щодо застосування біологічного препарату на основі консорціуму ґрунтових мікроорганізмів / М. В. Пати́ка та ін. Київ, 2018.
14. Гадзало Я. М., Пати́ка М. В., Заришняк А. С., Пати́ка Т. І. Агромікробіологія з основами біотехнології: монографія. Київ: Аграрна наука, 2019. 204 с.
15. Boltianska N., Sklar R., Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. 2020. P. 431-433.
16. Особливості формування структурово-функціонального складу мікробіому чорнозему цілинного в степу України / М. В. Пати́ка та ін. *Мікробіологічний журнал*. 2019. № 81(4). С. 90-106.
17. Пати́ка Т. І., Пати́ка М. В., Цизь О. М. Природний консорціум ґрунтових мікроорганізмів (Екстракон) для оздоровлення агроценозів. *Садівництво*, 2019. Вип. 74. С. 144-153.
18. Іванова Т. В., Підмаркова К. А., Пати́ка М. В. Біоконверсія органічних речовин печеричних субстратів у біогумус за допомогою біопрепарату Екстракон. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 12 (801). С. 51-57.
19. Змішувач-аератор компосту: пат. 124540 Україна: МПК (2018.01) А01С3/00. № и 201711428; заявл. 22.11.2017; опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7.

Стаття надійшла до редакції 14.04.2021р.

**A. Pariev<sup>1</sup>, J. Filonenko<sup>1</sup>, T. Korotchenko<sup>1</sup>, J. Vozhyk<sup>2</sup>, N. Patyka<sup>3</sup>**

**<sup>1</sup>Zaporizhia Research Center for Livestock Mechanization**

**<sup>2</sup>Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture**

**<sup>3</sup>National University of Bioresources and Nature Management of Ukrainestreet  
Heroes of Ukraine**

## **DETERMINATION OF THE REGULARITIES OF THE BIOCONVERSION OF PLANT RESIDUES WHEN COMPOSTED USING MICROBIOLOGICAL PREPARATION**

### *Summary*

The introduction of organic waste processing technology using microbiological drugs allows to reduce the preparation of fertilizer to 2 months, the use of fertilizers will increase the yield of cultures at least by 15% and restore soil fertility. The use of a biological preparation based on a consortium of soil microorganisms (Exticon) creates conditions for the process of complete decomposition of wheat straw residues with a finite period of 2.5 months from the beginning of the composting process for 6 months of composting in the barts without adding a biopreparation.

For laboratory and field research, the remains of Winter wheat straws were selected. The straw was crushed to a value of less than 50 mm, it was moistened to 65% and layered into a boot with the addition of the Ecstone biological preparation. When conducting



laboratory and field studies of the composting of the remains of the straw of winter wheat, the dependences of temperature change were detected and all the necessary stages of the process flow were recorded. Conducted laboratory and field studies of composting of wheat straw residues with the addition of biological preparation of the Ecstrakon creates conditions for the rapid and organic processing of wheat straw residues to fertilizers using promising mechanized technologies and contributes to the increase in soil fertility.

Ready-made composts (organic fertilizers) meet the following quality requirements: have a fine-lucked structure with a particle size of no more than 20 mm; humidity - from 50% to 60%; not greater alkalinity, neutral environmental reaction; The content of organic matter is not less than 75%; C: n ratio of  $15 \pm 3: 1$ ; nutrient biogenic substances in unpaired forms for plants - no less than 50%; Losses of organic matter and nitrogen during composting - no more than 20%; No unpleasant odors.

**Key words:** fertilizers, microbiological preparation extracton, technological process, vegetable remains

**А.А. Париев<sup>1</sup>, Ю.А. Филоненко<sup>1</sup>, Т. Н. Коротченко<sup>1</sup>, Ю.Г. Вожик<sup>2</sup>,  
Н.В. Патыка<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Запорожский научно-исследовательский центр механизации  
животноводства

<sup>2</sup> Институт механизации и электрификации сельского хозяйства

<sup>3</sup> Национальный университет биоресурсов и природопользования  
Украины

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ БИОКОНВЕРСИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ ПРИ КОМПСТИРОВАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ**

### *Аннотация*

Внедрение технологии переработки органических отходов с помощью микробиологических препаратов позволяет сократить сроки приготовления удобрений до 2-х месяцев, использование удобрений позволит повысить урожайность культур не меньше чем на 15% и восстановить плодородность почв.

Готовые компосты (органические удобрения) отвечают следующим качественным требованиям: имеют мелко-комковатую структуру с размером частиц не больше чем 20 мм; влажность – от 50% до 60%; не большую щелочность, нейтральную реакцию окружающей среды; содержание органического вещества – не меньше чем 75%; соотношение C:N в пределах  $15 \pm 3: 1$ ; питательных биогенных веществ в легкодоступных для растений формах – не меньше чем 50%; потери органического вещества и азота во время компстирования – не больше чем 20%; отсутствие неприятных запахов.

**Ключевые слова:** удобрения, микробиологический препарат Экстракон, технологический процесс, растительные остатки.



DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-4

УДК 656.078:629.083

О.І. Субочев<sup>1</sup>, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-6867-9991

О.Є. Січко<sup>2</sup>, к.т.н.

ORCID: 0000-0003-4027-3890

М.Г. Погорєлов<sup>3</sup>

ORCID: 0000-0003-4706-3263

С.М. Пясецький<sup>1</sup>, магістрант<sup>1</sup>Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет<sup>2</sup>Національний транспортний університет<sup>3</sup>Донбаський державний педагогічний університет

e-mail: subochev.alex@gmail.com

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ

**Анотація.** Запропоновано формування дробового факторного експерименту для побудови за допомогою методу регресійного аналізу лінійної залежності цільового функціонала від варійованих змінних. Побудовано матрицю експерименту, яка полягає в моделюванні технологічного процесу сервісних підприємств, у визначенні варійованих змінних у всіх значеннях цільового функціонала.

Запропоновано для дослідження впливу рівня механізації на показники функціонування технічного обслуговування і ремонту необхідно визначити ступінь вплив механізації на трудомісткість ремонтних робіт. Отримано результати обробки масиву даних спостережень з використанням кореляційно-регресійного аналізу. Перевірка моделей за критерієм Фішера показала, що найбільше наближення спостерігається при апроксимації наявних даних рівнянням регресії.

Встановлено, стосовно до штатного оснащення постів поточного ремонту особливої уваги і впровадження в практику виробництва заслуговують механізовані технологічні комплекси на спеціалізованих постах по заміні і поточному ремонті двигунів, агрегатів і вузлів ходової частини канавного типу і на підйомниках. Одержано оптимальні значення досліджуваних факторів, як для максимуму прибутку від виробництва технічного обслуговування і ремонту автомобілів так і для мінімуму часу перебування автомобілів у несправному стані.

**Ключові слова:** підприємства технічного сервісу, спеціалізація, розташування, алгоритм, структурна перебудова, конкурентне середовище



*Постановка проблеми.* Особливістю функціонування сервісних підприємств з технічного обслуговування і ремонту автомобілів (ТО і Р) на теперішній час в Україні є наявність підприємств різного розміру та форм власності, які використовують значну номенклатуру рухомого складу. Важливим питанням за цих умов є визначення оптимального способу організації сервісного виробництва у залежності від кількості одиниць рухомого складу (РС) та умов експлуатації [1,2].

Розробка розкладу постановки автомобілів на обслуговування і ремонт в сервісних підприємствах (СП) є багатоваріантною задачею. Кількість варіантів формується на множині вимог на обслуговування, робочих постів, персоналу відповідної кваліфікації, наявності потрібних запасних частин, пріоритетів та може досягати такого значення, що перевищує інтелектуальні можливості людини переглянути їх всі і знайти оптимальний варіант [3-5].

Потребує вирішення питання з погляду рівня насиченості потужностей автосервісу при існуючій щільності парку автомобілів на території. Інакше кажучи, який рівень потужності автосервісу є оптимальним для заданої кількості автомобілів. Адже, якщо потужностей автосервісу на певній території буде недостатньо, погіршиться рівень обслуговування клієнтів, а якщо будемо мати надлишки потужностей - погіршаться можливості для бізнесу [6,7].

Автосервіс - галузь, яка інтенсивно розвивається. Успіхи галузі обмежені, а недоліків на сьогодні забагато. Успіхи обумовлені зусиллями працюючих, а недоліки - об'єктивними чи суб'єктивними факторами. Ці фактори відображують - як в суспільстві в цілому, так і в автосервісі як складовій соціально-економічній системі суспільства - реальний стан та співвідношення кожного з факторів. В цілому складається ситуація, коли сукупність факторів та стан кожного з них скоріш є обмежуваними, а не таким, що сприяють розвитку автосервісу [8,9].

Постійне зростання автомобільного парку зумовило збільшення виробничих потужностей, тобто привело до збільшення кількості підприємств автосервісу. Одночасно збільшуються вимоги клієнтів. Тобто клієнти сервісних підприємств надають перевагу тим учасникам ринку, які пропонують необхідні послуги та забезпечують високу якість їх виконання, відповідно до світових стандартів [10].

В сучасних умовах не завжди є доцільним створювати на кожному сервісному підприємстві всю номенклатуру виробничих підрозділів з виконання усіх видів робіт з обслуговування та ремонту транспортних засобів. Це потребує значних капітальних вкладень та витрат, внаслідок чого збільшується собівартість перевезень та зменшується конкурентоспроможність підприємства на ринку транспортних і сервісних послуг [11].





*Аналіз останніх досліджень.* В опублікованій літературі питання показників ефективності сервісних підприємств слабо висвітлені з тієї причини, що вони не є актуальними за умов розвитку СП як бізнесу без будь-якого аналізу його впливу на ефективність економіки чи соціального стану суспільства. В достатній мірі розроблені та висвітлені в літературі лише питання оцінки ефективності діяльності СП. Багато робіт присвячено конкурентоздатності бізнесу, залученню клієнтів та оцінці рівня їх задоволеності, витратам на діяльність автосервісу та забезпечення його прибутковості. Що ж стосується оцінки автосервісу як соціально-економічної системи та забезпечення його ефективності з погляду якості життя людей, то цьому питанню не приділяється належної уваги [12].

В Україні, незважаючи на економічні кризи спостерігається поступове збільшення обсягів перевезень пасажирів, експедиційних послуг і послуг у сфері ТО і Р АТЗ, які надаються організаціями, що спеціалізуються виключно на даних видах діяльності. Зазначену ситуацію до певної міри можна розглядати як об'єктивний процес, що також відповідає загальній тенденції, яка в останні десятиліття простежується в світовій економіці – економічні організації різних галузей економіки прагнуть підвищити свою конкурентоспроможність, концентруючись на основному виді діяльності [13].

Досліджуючи досвід становлення і розвитку виробничих структур автомобільного транспорту, які забезпечують відповідні види діяльності, можна дійти висновку, що поєднання останніх не є єдино прийнятним. Значна частка виробничих структур автомобільного транспорту займається лише одним видом діяльності, передаючи інші до виконання стороннім суб'єктам господарювання. Разом з тим, ряд організацій поєднують ці види діяльності в певних поєднаннях на умовах основних або допоміжних [2, 14].

Функції сучасних СП стали визначальними щодо можливих стратегічних напрямків його подальшого розвитку при переході до ринкових відносин. Структурні підрозділи СП, які опікувались основними та допоміжними видами діяльності, в багатьох випадках трансформувались в стратегічні бізнес-одиниці або самостійні спеціалізовані підприємства [15,16].

У результаті є звичайно значна незбалансованість між наявним парком автотранспортних засобів і потребою в його сервісному обслуговуванні за регіонами. Найбільша напруженість виникає в «молодих» окраїнних районах міста, де існує значна потреба в наявності автомобільного транспорту, що зв'язує периферійні території із центром, а приріст потужностей сервісного обслуговування традиційно відстає від цих потреб. У зв'язку із цим виникає завдання



виявлення та подолання диспропорцій у розвитку міського автотранспортного господарства [17,18].

*Формулювання цілей статті.* Метою даної роботи є підвищення ефективності роботи сервісних підприємства за рахунок багатопараметричної оптимізації залежності параметрів їх ефективності від факторів функціонування сервісного виробництва та встановлення довірчих інтервалів незалежних змінних.

*Основна частина.* Алгоритм багатопараметричної оптимізації виробництва з технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Задачі оптимізації СМО з змішаними задачами з дискретними і безперервними змінними (до яких, зокрема, відноситься система технічного обслуговування і ремонту), є найбільш важкими для дослідження.

Метод Бокса-Уілсона це метод оптимізації активного експерименту шляхом сходження параметрів оптимізації до оптимуму, суть якого полягає в наступному: рух у напрямі градієнта за наявності лінійного рівняння моделі здійснюється із центра експерименту послідовними кроками.

Метод Бокса-Уілсона [19,20] припускає формування дробового факторного експерименту (ДФЕ) для побудови за допомогою методу регресійного аналізу лінійної залежності цільового функціоналу від варійованих змінних.

Припустимо  $X_1^{(1)}, X_2^{(1)}, \dots, X_n^{(1)}$  - значення варійованих змінних у точці  $\bar{X}^{(1)}$  (у нашому випадку – параметри, що впливають на порядок вибірки на обслуговування):  $\Delta X_1, \Delta X_2, \dots, \Delta X_n$  - змінення змінних. Виконаємо моделювання в кожній точці  $X_1^{(1)}, X_2^{(1)}, \dots, X_n^{(1)} \pm \Delta X_i^{(1)}, \dots, X_n^{(1)}$ , де  $i = 1, 2, \dots, n$ , що дає  $2n$  значень цільового функціоналу. Матриця експерименту приведена в табл. 1.

Таким чином, моделювання виконується при почерговій зміні кожного варійованого параметра  $\pm \Delta X$ . У цьому складається основна відмінність від методу Бокса-Уілсона, у якому матриця експерименту містить  $n$  рядків з причини використання ДФЕ.

Таблиця 1

Матриця експерименту

№	$X_1$	$X_2$	$X_3$	.....	$X_n$	C
1	$X_1^{(1)}$	$X_2^{(1)}$	$X_3^{(1)}$	.....	$X_n^{(1)}$	$C_1$
2	$X_1^{(1)}$	$X_2^{(1)}$	$X_3^{(1)}$	.....	$X_n^{(1)}$	$C_2$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$2n - 1$	$X_1^{(1)}$	$X_2^{(1)}$	$X_3^{(1)}$	.....	$X_n^{(1)} + \Delta X_n$	$C_{2n-1}$
$2n$	$X_1^{(1)}$	$X_2^{(1)}$	$X_3^{(1)}$	.....	$X_n^{(1)} - \Delta X_n$	$C_{2n}$



Те, що матриця експерименту містить  $2n$  - рядків, обумовлює необхідність використання методів регресійного аналізу в повному обсязі для побудови рівняння лінійної регресії.

Градiєнт обчислюється за формулою

$$\text{grad}C = \frac{\partial C}{\partial X_1} \bar{l}_1 + \frac{\partial C}{\partial X_2} \bar{l}_2 + \dots + \frac{\partial C}{\partial X_n} \bar{l}_n, \quad (1)$$

де  $\bar{l}_j, j = \overline{1, n}$  напрямний вектор координат осі  $X_j$ .

Для обчислення градієнта за результатами моделювання будується залежність – лінійне рівняння регресії:

$$\hat{C} = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + \dots + b_n \cdot X_n, \quad (2)$$

де  $b_j, j = \overline{0, n}$  – коефіцієнти рівняння регресії;

$\hat{C}$  – розрахункове значення цільового функціонала.

Коефіцієнт рівняння регресії знаходимо методом найменших квадратів:

$$\sum_{i=1}^{2n} \left( C_i - b_0 - \sum_{j=1}^n b_j X_{ij} \right)^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

Умови мінімального значення рівняння:

$$\frac{\partial}{\partial b_j} \sum_{i=1}^{2n} \left( C_i - b_0 - \sum_{j=1}^n b_j X_{ij} \right)^2 = 0 \quad (4)$$

Диференціюючи, одержуємо систему нормальних рівнянь:

$$\left\{ \begin{aligned} N \cdot b_0 + b_1 \sum_{i=1}^{2n} X_{i1} + b_2 \sum_{i=1}^{2n} X_{i2} + \dots + b_n \sum_{i=1}^{2n} X_{in} &= \sum_{i=1}^{2n} C_i, \\ b_0 \sum_{i=1}^{2n} X_{i1} + b_1 \sum_{i=1}^{2n} X_{i1}^2 + b_2 \sum_{i=1}^{2n} X_{i2} \cdot X_{i1} + \dots + b_n \sum_{i=1}^{2n} X_{in} \cdot X_{i1} &= \sum_{i=1}^{2n} C_i \cdot X_{i1}, \\ b_0 \sum_{i=1}^{2n} X_{i2} + b_1 \sum_{i=1}^{2n} X_{i1} \cdot X_{i2} + b_2 \sum_{i=1}^{2n} X_{i2}^2 + \dots + b_n \sum_{i=1}^{2n} X_{in} \cdot X_{i2} &= \sum_{i=1}^{2n} C_i \cdot X_{i2}, \\ \dots & \dots \\ b_0 \sum_{i=1}^{2n} X_{in} + b_1 \sum_{i=1}^{2n} X_{i1} \cdot X_{in} + b_2 \sum_{i=1}^{2n} X_{i2} \cdot X_{in} + \dots + b_n \sum_{i=1}^{2n} X_{in}^2 &= \sum_{i=1}^{2n} C_i \cdot X_{in}. \end{aligned} \right. \quad (5)$$

Для перевірки статичної значимості обчислюється розрахункове значення  $t$  – критерію Стьюдента:

$$t_j = \frac{|b_j|}{S \cdot b_j^2}, j = \overline{1, n}, \quad (6)$$



де  $S \cdot b_j^2$  - вибірккові дисперсії коефіцієнтів  $b_j$ , обчислених як добуток діагональних елементів матриці, зворотній матриці нормальної системи рівнянь, і квадратного кореня з дисперсії неадекватності цільового функціонала  $S_{ag}^2$  обчислюється за формулою:

$$S_{ag}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{2n} (C_i - \hat{C}_i)^2}{(n-1)} \quad (7)$$

Звертання матриці коефіцієнтів нормальної системи рівнянь (5) може бути виконане з використанням одного з чисельних методів, у даному випадку методу Гауса, що дає одночасно і значення визначника.

Якщо хоча б один коефіцієнт рівняння (2) для ( $j \geq 1$ ) відмінний від нуля, здійснюється перехід до нової точки в просторі варійованих змінних  $\vec{X}$  відповідно до алгоритму градієнтного пошуку.

Обчислюється модуль градієнта:

$$|gradC| = \sqrt{\sum_{j=1}^n b_j^2} \quad (8)$$

Якщо  $|gradC| = 0$ , що має місце при статичній значимості всіх коефіцієнтів рівняння регресії, тоді процедура пошуку припиняється. У іншому випадку робиться крок у зворотному напрямку градієнта:

$$X_j = X_j - \alpha \cdot b_j / |gradC|, \quad (9)$$

де  $\alpha$  – параметр робочого кроку.

*Оптимізація показників функціонування виробничих процесів сервісних підприємств з урахуванням ефективності.* Для дослідження впливу рівня механізації на показники функціонування технічного обслуговування і ремонту необхідно визначити ступінь вплив механізації на трудомісткість ремонтних робіт [21].

У цьому випадку характерними показниками є:

- ступінь механізації визначається за формулою:

$$C = \frac{T_m}{T_0} \cdot 100\% \quad (10)$$

- рівень механізації, що оцінює пристосованість рухомого складу до застосування механізованого устаткування

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^m z_i \cdot n_i}{z_{\max} \cdot N} \cdot 100\% \quad (11)$$



де  $T_m$  - сумарна трудомісткість механізованих операцій виробничого процесу, люд.-год.;

$T_0$  - загальна трудомісткість виробничого процесу, люд.-год.;

$z_i$  - ланковість устаткування, застосовуваного в  $i$ -тій операції;

$n_i$  - кількість операцій з використанням устаткування ланки  $z$ ;

$z_{\max}$  - максимальна ланковість устаткування,  $z_{\max} = 4$ ;

$N$  - загальна кількість операцій виробничого процесу.

Для найбільш представницьких моделей рухомого складу і застосовуваного в цих процесах устаткування ці показники визначаються:

- ступінь механізації

$$C_{ATP} = \frac{\sum_{j=1}^n C_{A_j} \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} = 100\% \quad , \quad (12)$$

- рівень механізації:

$$Y_{ATP} = \frac{\sum_{j=1}^n Y_j \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} \cdot 100\% \quad , \quad (13)$$

де  $C_{A_j}$ ,  $Y_{A_j}$  - ступінь і рівень механізації по  $j$ -тому типу рухомого складу;

$A_j$  - облікова кількість рухомого складу  $j$ -того типу.

Результати розрахунку, проведені для зони ПР ТОВ «Паритет-СП» м. Дніпро, наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Результати розрахунку показників рівня механізації ТОВ «Паритет СП» м. Дніпро

Моделі автомобілів	Кількість механізованих операцій, од.	Загальна кількість операцій, од.	Трудомісткість механізованих операцій, люд.-хв	Загальна трудомісткість, люд.-хв	Ступінь механізації, %	Рівень механізації, %	В цілому по ТОВ «Паритет СП»	
							Ступінь механізації, %	Рівень механізації, %
ГАЗ	47	257	134,2	1549,2	8,6	6,9	9,6	10,5
ЗиЛ	55	293	194,7	1871,4	10,4	11,9		
КамАЗ	53	459	176,5	1944,5	9,1	7,3		
КрАЗ	43	429	183,5	2138,2	8,6	9,2		





МАЗ	60	436	195,4	1895,4	10,3	11,2		
Renault	95	682	287,9	2208,6	13,0	10,2		

Отримані результати оброблялися з використанням кореляційно-регресійного аналізу. Перевірка моделей за критерієм Фішера показала, що найбільше наближення виходить при апроксимації наявних даних рівнянням регресії виду

$$y = a_0 + \frac{a_1}{x} \quad (14)$$

де  $y$  - теоретичне значення відповідної залежної змінної - питомого показника;

$a_0, a_1$  - коефіцієнти рівняння регресії (табл. 3);

$x$  - значення незалежною змінною – кількість робітників зони ПР в одну зміну.

Таблиця 3

Залежність питомих показників механізації від потужності виробництва

Показники кореляційно-регресійного аналізу		Питома вартість технологічного устаткування				Питомі площі, м <sup>2</sup> /люди		
		Універсальні пости при рівні механізації робіт ПР				Спеціалізовані пости	Спеціальні пости	Універсальні пости
		5	10	15	20			
Коефіцієнти рівняння регресії	$a_0$	422,3	1008,1	1676,0	2398,2	2042,3	68,7	77,3
	$a_1$	1443,8	3188,1	5273,0	7587,3	14921	225,4	244,4
Коефіцієнт кореляції		0,93	0,92	0,92	0,93	0,87	0,71	0,93

Ефективне технологічне оснащення постів поточного ремонту передбачає впровадження засобів механізації, автоматизації і роботизації виробництва. У цьому зв'язку стосовно до штатного оснащення постів ПР особливої уваги і впровадження в практику виробництва заслуговують механізовані технологічні комплекси на спеціалізованих постах по заміні і поточному ремонті двигунів (ОН-280), агрегатів і вузлів ходової частини канавного типу (ОН-275, ОН-302) і на підйомниках (ОН-192А, ОН-192Б, ОН-269).

Пости моделей ОН-280, ОН-229, ОН-269 для заміни двигунів, зчеплення і коробки передач автомобілів ГАЗ, ЗІЛ і МАЗ створюються на оглядовій канаві зі стаціонарною естакадою висотою 600 мм, що забезпечує виконання робіт у трьох рівнях.

Високою продуктивністю, безпекою і задовільними умовами праці з заміни агрегатів має підлоговий стаціонарний пост моделі ОН-192. Вивішування автомобіля на посту виконується шостистяковим



підйомником із двома поперечними балками. Можливість переміщення розрізної балки забезпечує універсальність поста при поточному ремонті автомобілів різних моделей. Однак використання постів моделі ОН-192 для тривісних автомобілів пов'язано з підвищеною небезпекою виконання робіт у зв'язку з провисанням і перекосом заднього ходового візка. Їхнє застосування краще на універсальних робочих постах.

Підлоговий спеціальний пост моделі ОН-192 може впроваджуватися як замість канавного поста моделі ПУМ-1, так і в доповненні до нього. При використанні в сукупності з постом ПУМ-1 пост ОН-192 завантажується, насамперед, тими роботами, на яких його продуктивність значно вище, а саме, по заміні коробок передач і зчеплення.

Спеціалізований пост моделі ОН-202 призначений для механізованої заміни переднього, середнього і заднього мостів, візка в зборі, редукторів ведучих мостів, коробок передач і зчеплення великовантажних автомобілів КамАЗ, КрАЗ, МАЗ. Цей пост монтується на тупиковій оглядовій канаві з манежною частиною. Основне устаткування поста включає бічні підйомники, П - подібну балку і самохідний візок. Бічні підйомники консольного типу мають хід на глибину канави і служать для опускання та підйому переднього, середнього і заднього мостів, а також знімального пристосування з надставкою для коробки чи передач роздавальної коробки при їхньому знятті й встановленні.

*Визначення й аналіз показників виробничих процесів сервісних підприємств.* Для груп факторів, визначених за результатами експертного опитування, визначалися залежності нижчеподаних критеріальних показників від досліджуваних факторів: прибутку від виробництва технічного обслуговування і ремонту автомобілів та часу перебування автомобілів у несправному стані.

При аналізі аналітичних моделей, що описують процес функціонування сервісних підприємств, як позначення були прийняті [22]:

*T* - час перебування автомобілів у несправному стані;

*П* - прибуток від виробництва технічне обслуговування і ремонт автомобілів;

$x_1$  – рівень спеціалізації виробництва;

$x_2$  - рівень механізації виробництва;

$x_3$  – ступінь забезпеченості виробництва оборотним фондом агрегатів;

$x_4$  – ступінь використання технологічного устаткування;

$x_5$  – кваліфікація ремонтно - обслуговуючого персоналу.

Це дозволило представити зазначені моделі в наступному виді:



$$T = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5$$

$$\Pi = c_0 + c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4 + c_5 \cdot x_5 \quad (15)$$

Перевірка значимості коефіцієнта регресії в побудованих моделях (табл. 4) підтвердила вагомість кожного коефіцієнта регресії.

Таблиця 4

Перевірка математичних моделей на адекватність при рівні значимості

Річний обсяг робіт з ТО і ремонту автомобілів СП	Розрахункова величина критерію Фішера $F_{розр}$	Таблична величина критерію Фішера $F_{табл}$	Коефіцієнт множинної кореляції R
Моделі дослідження часу перебування автомобілів у несправному стані			
	10,540	5,81	0,951
Моделі дослідження прибутку від виробництва ТО і Р автомобілів			
	16,515	5,81	0,969

Отримане для кожної моделі значення коефіцієнта множинної кореляції (табл. 4) свідчить про досить тісний зв'язок між критеріальними показниками і всією сукупністю факторів.

Принциповою, відмінною рисою отриманих залежностей (рис. 1 – рис. 4) є те, що кожна із залежностей, що описує вплив окремого фактору на критерій ефективності, отримана при спільному впливі інших п'яти факторів.

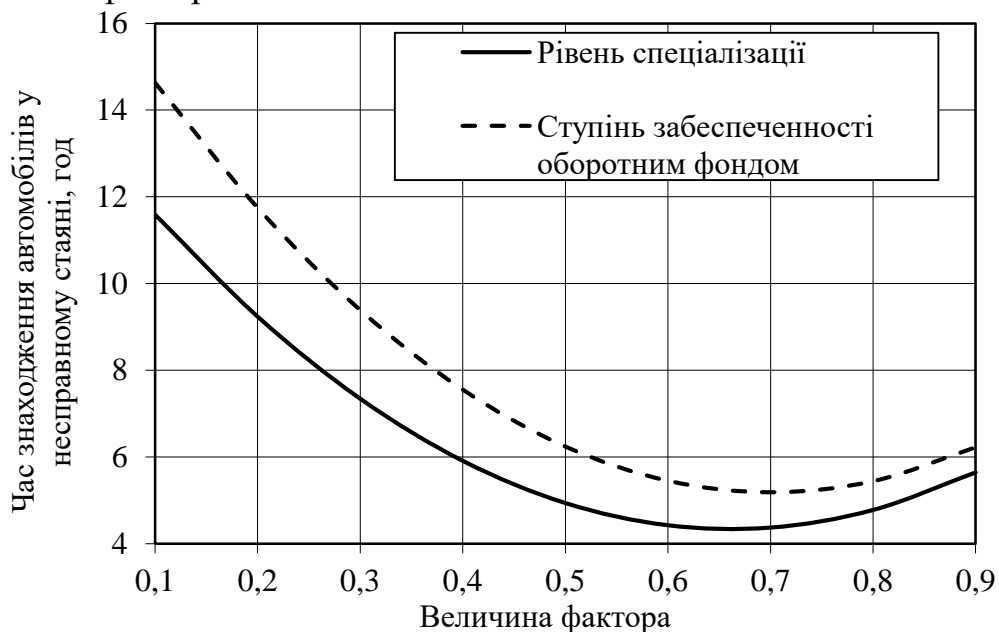


Рисунок 1. Зміна часу знаходження автомобілів у несправному стані в залежності від рівня спеціалізації та ступеня забезпеченості оборотним фондом

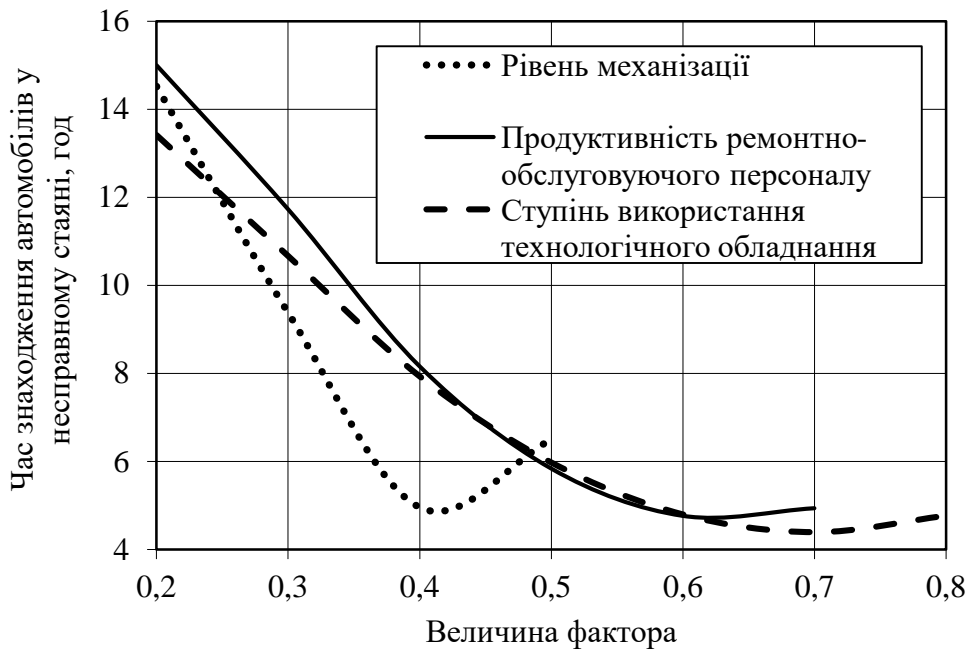


Рисунок 2. Зміна часу знаходження автомобілів у несправному стані в залежності від рівня механізації, продуктивності ремонтно-обслуговуючого персоналу та ступеня використання технологічного обладнання

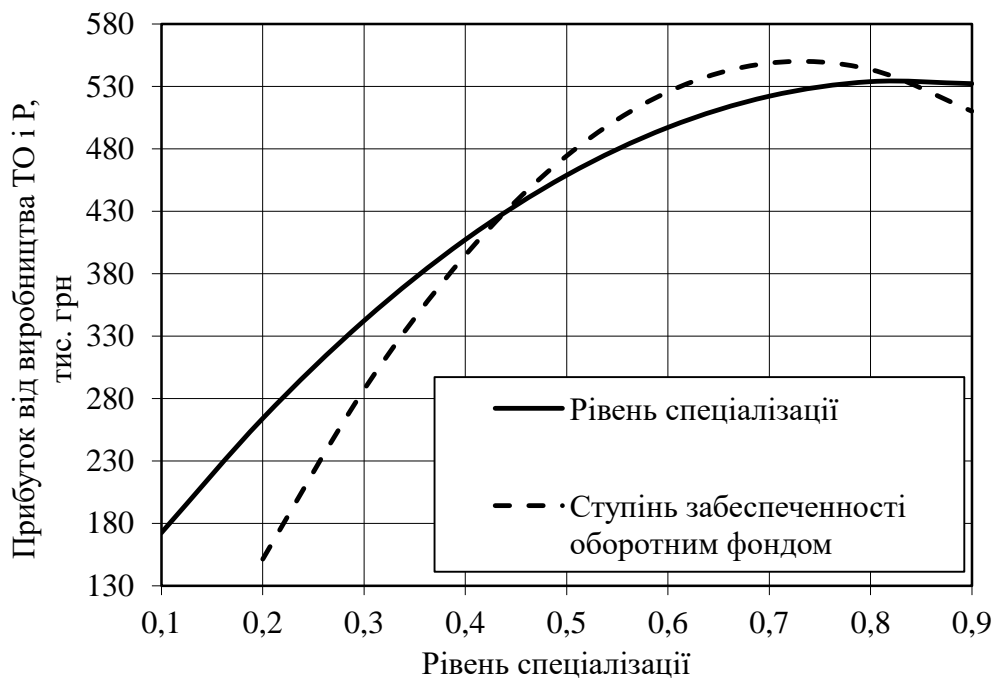


Рисунок 3. Зміна прибутку від виробництва ТО і Р в залежності від рівня спеціалізації та ступеня забезпеченості оборотним фондом

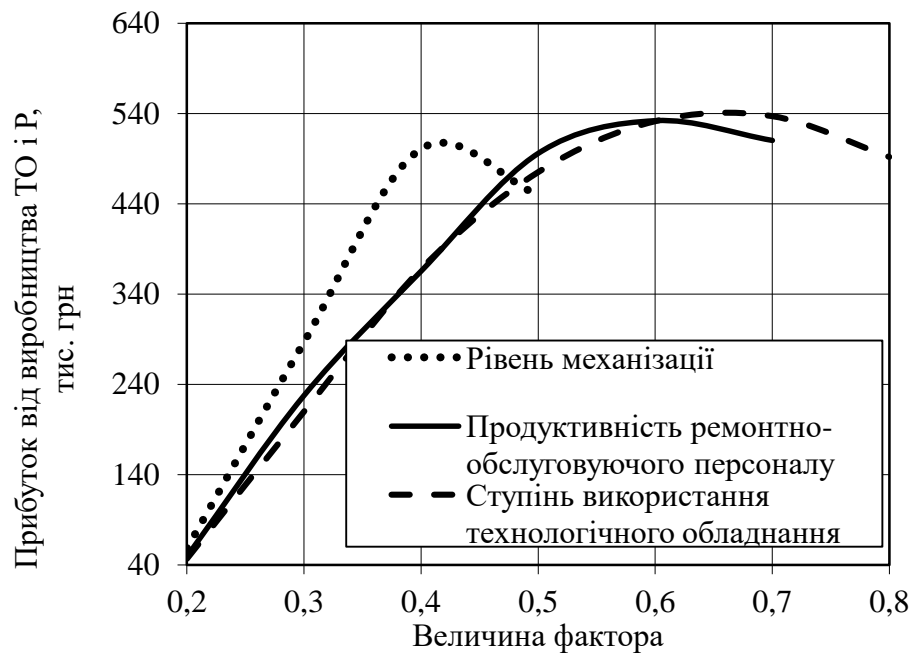


Рисунок 4. Зміна прибутку від виробництва ТО і Р в залежності від рівня механізації, продуктивності ремонтно-обслуговуючого персоналу та ступеня використання технологічного обладнання

Оптимальні значення розглянутих факторів (табл. 5) відповідають тим точкам, у яких: 1 - час знаходження автомобілів в несправному стані приймає мінімальні значення; 2 - прибуток від виробництва то і ремонту автомобілів максимальні значення.

Таблиця 5

Оптимальні значення факторів, які визначають ефективність виробництва сервісних підприємств

Фактори	Чисельна значення інтервалу фактору
При мінімумі часу знаходження автомобілів в несправному стані	
- ступінь спеціалізації	0,55-0,75
- рівень механізації	0,49-0,58
- ступінь забезпеченості оборотним фондом	0,61-0,78
- продуктивність ремонтно-обслуговуючого персоналу	0,78-0,89
- ступінь використання технологічного обладнання	0,62-0,79
При максимумі прибутку від виробництва то і ремонту автомобілів	
- ступінь спеціалізації	0,75-0,90
- рівень механізації	0,51-0,61
- ступінь забезпеченості оборотним фондом	0,62-0,80
- продуктивність ремонтно-обслуговуючого персоналу	0,78-0,88
- ступінь використання технологічного обладнання	0,58-0,74

Аналізуючи апроксимуючі залежності впливу факторів на параметри ефективності виробництва технічного обслуговування і ремонту автомобілів впливає, що параметри ефективності поліпшуються не на всьому діапазоні фактору, а до визначеної межі величини (табл. 5).





*Висновки.* Розроблена економіко-математична модель багатопараметричної оптимізації виробничих процесів технічного обслуговування і ремонту автомобілів дозволяє враховувати пріоритети при перевезеннях і обслуговуванні, вибрати раціональні значення показників роботи технічної служби сервісних підприємств, максимально задовольняти клієнтів у послугах з технічного обслуговування і ремонту автомобілів.

Досліджено вплив раніше обґрунтованих виробничих факторів таких як: рівня спеціалізації і механізації, ступеня забезпеченості оборотним фондом і використання технологічного устаткування, продуктивності праці ремонтно-обслуговуючого персоналу на показники ефективності функціонування виробництва технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів.

Інтенсивність зміни параметрів ефективності таких як: часу перебування автомобілів у несправному стані, прибутку від виробництва то і ремонту від виробничих факторів зменшується зі збільшенням обсягу робіт з технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Збільшення параметрів ефективності виробництва технічного обслуговування і ремонту автомобілів спостерігається не у всьому діапазоні зміни факторів, а до визначеної величини.

#### Список використаних джерел.

1. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux, 2020. P. 478-480.
2. Андрусенко С. І., Бугайчук О. С. Організація технічної експлуатації автомобілів в Україні за сучасних умов. *Вісник НТУ. Сер. Технічні науки*. 2016. Вип. 1 (34). С. 12-20.
3. Boltianska N., Manita I., Podashevskaya H. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. *Інженерія природокористування*. 2020. № 2 (16). С. 33–37.
4. Komar A. S. Fertilization of poultry manure by granulation. *Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production: Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference*. 2019. P. 18–20.
5. Березняцький В. В. Оптимізація часу простою автомобілів у ремонті і обслуговуванні за рахунок удосконалення оперативного планування виконання цих робіт. *Вісник НТУ. Сер. Технічні науки*. 2016. Вип. 1 (34). С. 56-59.
6. Manita I., Podashevskaya H. Areas of application of nanotechnologies in animal husbandry. *Технічне забезпечення*



інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 357-361.

7. Марков О. Д., Ковальов А. В., Скиба А. П., Приз О. О. Оптимізація виробничої структури автосервісу. *Вісник НТУ. Сер. Технічні науки*. 2016. Вип. 1 (34). С. 274-254.

8. Sklar R. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Rome, Italy 2021. Pp. 171-176.

9. Марков О. Д. Фактори розвитку автосервісу. *Вісник НТУ. Серія Технічні науки*. 2018. Вип. 1 (40). С. 203-214.

10. Тарандушка Л. А., Яновський В. В. Ранжування номенклатури послуг для автосервісних підприємств. *Вісник НТУ. Сер. Технічні науки*. 2018. Вип. 3 (42). С. 146-153.

11. Савін Ю. Х., Митко М. В. Доцільність створення виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту автомобілів. *Вісник НТУ. Сер. Технічні науки*. 2016. Вип. 1 (34). С. 424-429.

12. Марков О. Д., Веретельникова Н. В. Обслуговування клієнтів автосервісу: навчальний посібник. Київ: Каравела, 2015. 263 с.

13. Марков О. Д., Рудковський О. С., Лемешинський С. М. Проблеми управління підприємствами автосервісу. *Вісник Хмельницького національного університету. Сер. Технічні науки*. 2015. № 2 (223).

14. Сахно В. П., Свостін-Косяк Д. О. Форми організації моніторингу технічного стану транспортних засобів. *Вісник НТУ. Сер. Технічні науки*. 2017. Вип. 37. С. 373-380.

15. Андрусенко С. І., Бугайчук О. С. Моделювання бізнес-процесів підприємства автосервісу: монографія. Київ: Кафедра, 2014. 328 с.

16. Tsaur W.-J., Huang Y.-J. Constructing secure commercial vehicle operation systems based on XML and RFID techniques 2008 Proceedings of the 2008 International Conference on e-Learning, e-Business, Enterprise Information Systems, and e-Government, IEEE 2008. P. 393-399.

17. Лудченко О. А., Лудченко Я. О., Чередник В. В. Управління якістю технічного обслуговування автомобілів: навч. посібник; за ред. О. А. Лудченка. Київ: Україна, 2012. 327 с.

18. Efficiency of managing the production capacity of service enterprises, taking into account customer motivation / O. Subochev et al. *ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine*. P. 238-250.

19. Субочев О. І. Підвищення ефективності автосервісних підприємств на основі пріоритетів транспортного процесу: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20. Київ, 2001. 20 с.



20. Погорелов М. Г., Ларін О. М., Субочев О. І. Оптимізація показників функціонування автосервісних підприємств з урахуванням факторів пріоритетності. *Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2011. № 6 (120). С. 78–84.

21. Ďurišová M., Tokarčíková E., Malichová E., Potkanová T. Benefits of business intelligence for enterprises in the road truck transport. *Transport Means - Proceedings of the International Conference*. 2016. P. 477-480.

22. Subochev O., Sichko O., Volkov M. Increasing the level of providing service enterprises with spare parts and materials. *Mechanization in agriculture & Conserving of the resources*. 2020. Vol. 66, № 2. P. 63-67.

Стаття надійшла до редакції 6.03.2021р.

**A.I. Subochev<sup>1</sup>, A.E. Sichko<sup>2</sup>, M.G. Pohorielov<sup>3</sup>, S.N. Pyaseckij<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Dnepropetrovsk State Agrarian-Economic University**

**<sup>2</sup>National Transport University**

**<sup>3</sup>Donbasi State Pedagogical University**

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE PRODUCTION AND TECHNICAL BASE OF SERVICE ENTERPRISES**

### *Summary*

The formation of a fractional factorial experiment for construction using the method of regression analysis of the linear dependence of the target functional on the variables is proposed. The tasks of optimizing queuing systems with discrete variables and mixed tasks with discrete and continuous variables (which, in particular, includes the system of maintenance and repair of machines) are the most difficult. An experimental matrix is constructed, which consists in modeling the technological process of service enterprises, determining the variables in all values of the objective functional. The matrix of the experiment contains a significant number of lines, necessitates the use of regression analysis in full amount to construct a linear regression equation. The inversion of the coefficients matrix of the equations normal system is solved using the numerical Gaussian method, which also gives the value of the determinant.

It is proposed to study the influence of the level of mechanization on the performance of maintenance and repair, it is necessary to determine the degree of influence of mechanization on the complexity of repair work. The degree and level of technological processes mechanization of maintenance and repair for each type of car and in general for the existing cargo service enterprise is calculated.

The processing extensive evidence effect using correlation-regression analysis is obtained. Evaluation models by Fisher's criterion showed that the greatest approximation is obtained by approximating the available data by the regression equation.

It is established that the effective technological equipment of current repair posts involves the introduction of mechanization, automation and robotics of production. In this regard, in relation to the standard equipment of current repair stations special attention and implementation in production practice deserve mechanized technological complexes at specialized posts for replacement and current repair of engines, units and units of the chassis of the ditch type and lifts. The dependences of the criterion indicators of profit from the production of maintenance and repair of cars and the cars stay time in defective



condition from the studied factors are determined. The principal distinguishing feature of the obtained dependences is that each of the dependences describing the influence of a single factor on the criterion of efficiency is obtained under the combined influence of the other five factors. The optimal values of the studied factors are obtained, both for the maximum profit from the production of maintenance and repair of cars and for the minimum time of the cars in a faulty condition. Analyzing the approximate dependences of the influence of factors on the parameters of the efficiency of maintenance and repair of cars, it follows that the efficiency parameters do not improve over the entire range of the factor, but to a certain value.

**Key words:** service enterprise, experiment matrix, investigated factors, optimal value.

А.И. Субочев <sup>1</sup>, А.Е. Сичко <sup>2</sup>, М.Г. Погорелов <sup>3</sup>, С.Н. Пясецкий <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет

<sup>2</sup>Национальный транспортный университет

<sup>3</sup>Донбасский государственный педагогический университет

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ СЕРВИСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

### *Аннотация*

Предложено формирование дробного факторного эксперимента для построения с помощью метода регрессионного анализа линейной зависимости целевого функционала от варьируемых переменных. Построена матрица эксперимента, которая заключается в моделировании технологического процесса сервисных предприятий, в определении варьируемых переменных во всех значениях целевого функционала. Предложено для исследования влияния уровня механизации на показатели функционирования технического обслуживания и ремонта необходимо определить степень влияние механизации на трудоемкость ремонтных работ. Получены результаты обработки массива данных наблюдений с использованием корреляционно-регрессионного анализа. Проверка моделей по критерию Фишера показала, что наибольшее приближение получается при аппроксимации имеющихся данных уравнению регрессии.

Установлено, применительно к штатному оснащению постов текущего ремонта необходимы механизированные технологические комплексы на специализированных постах по замене и текущем ремонте двигателей, агрегатов и узлов ходовой части канавный типа и на подъемниках.

Получены оптимальные значения исследуемых факторов, как для максимума прибыли от производства технического обслуживания и ремонта автомобилей, так и для минимума времени пребывания автомобилей в неисправном состоянии.

**Ключевые слова:** сервисное предприятие, матрица эксперимента, исследуемые факторы, оптимальные значения.



УДК 502/504

О. Є. Кофанов, к. т. н., к. е. н., ORCID: 0000-0003-2181-9288  
О. І. Василькевич, к. х. н., доц., ORCID: 0000-0003-0253-9926  
О. В. Кофанова, д. п. н., к. х. н., проф., ORCID: 0000-0002-9851-6392  
К. К. Ткачук, д. т. н., проф., ORCID: 0000-0001-5230-9980  
О. Я. Тверда, д. т. н., доц., ORCID: 0000-0003-3163-0972  
А. Я. Білоус ORCID: 0000-0003-0120-0496

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

e-mail: alexina555@gmail.com

## **ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДИЗПАЛИВА СТАБІЛІЗУЮЧИМИ ДОБАВКАМИ, ПРИСАДКАМИ І ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ПАЛИВНИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ**

**Анотація.** У роботі проаналізовано вплив різних речовин і мікроорганізмів на якість і властивості дизельного та біодизельного палив, представлено авторські розробки стосовно підбору хімічного складу поліфункціональних паливних композицій для протидії їх псуванню. Вивчено вплив розробленої паливної композиції на фізико-хімічні, експлуатаційні та економічні показники дизельних моторних палив, встановлено їх інгібуючу дію на процеси біодеградації палива. Поліфункціональна дія розробленої паливної композиції обумовлена наявністю в її складі речовин антиоксидантної дії, які сповільнюють перебіг вільно-радикальних процесів перетворення нафтових вуглеводнів і стабілізують пальне як у хімічному, так і в мікробіологічному сенсі, а також поверхнево-активних речовин, які мають миоче-диспергуючу дію. Завдяки використанню біоскладової як розчинника досягається покращення трибологічних властивостей низькосірчистих моторних палив. Розроблена композиція вводиться у пальне перед його використанням, наприклад, під час заправки автотранспортного засобу і сприяє оптимізації умов згоряння палива у камері згоряння двигуна.

**Ключові слова:** відпрацьовані гази, біодизельне паливо, дизельне паливо, двигуни внутрішнього згоряння, біодеградація, добавка.

**Постановка проблеми.** Якість моторних палив (МП) і їх фізико-хімічні характеристики значно впливають на токсичність викидів





двигунів автотранспортних засобів (АТЗ), а також на експлуатаційні та економічні показники двигуна [1-4]. Зокрема, традиційне дизельне паливо (ДП) є, в основному, сумішшю насичених аліфатичних (парафінових) і ароматичних вуглеводнів (ВВ), а також деяких їх похідних з  $C_{10}$ – $C_{20}$  з молярною масою приблизно 200–250 г/моль і температурою дистиляції (за ASTM D86) 200–350 °С [5-8].

Для використання у двигунах АТЗ МП повинно задовольняти таким умовам [9]:

- мати гарну здатність до утворення паливно-повітряної суміші (сумішоутворення) й займання;
- мати добру прокачуваність за температур використання;
- мати здатність добре розпилюватись;
- паливо не повинно містити таких сполук Сульфуру, як, наприклад,  $H_2S$  та інших сульфідів типу  $R-S-R$ , дисульфідів  $R-S-S-R$ , меркаптанів  $R-SH$  ( $R$  – гідрофобний вуглеводневий радикал), тіофену  $C_4H_4S$ , а також, наприклад, органічних (карбонових) і мінеральних кислот, домішок води, інших домішок тощо;
- бути термічно й біологічно стабільним і не змінювати свої характеристики під час транспортування, експлуатації або зберігання.

МП, зокрема бензин, дизельне (бідизельне – БДП) паливо, керосин, а також інші ВВ під дією кисню, впливом мікроорганізмів (МО) та грибів можуть окиснюватись або розкладатися до простіших речовин – води, вуглекислого газу, простіших органічних сполук тощо. Вважається, що саме мікробіологічне псування паливно-мастильних матеріалів (ПММ) є однією з найголовніших проблем їх використання, транспортування й тривалого зберігання [10–14].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою роботи є розробка спеціальних паливних композицій для поліпшення фізико-хімічних, експлуатаційних та економічних характеристик дизельних моторних палив і запобігання біодеградуючого впливу на них.

Під терміном МО розуміємо різні за формою, походженням організми, які не можна побачити неозброєним оком і які мають досить високу швидкість розмноження [10, 11]. Серед них варто звернути увагу на вплив бактерій (прокаріотичні клітини розміром приблизно 0,15–3 мкм) і грибів (еукаріотичні МО). Гриби мають гіфи – довгі ниткоподібні волокна товщиною приблизно 5 мкм, які формують міцелій гриба. Оскільки гриби не містять хлорофілу, вони не здатні синтезувати «органіку», а, отже, їм потрібен її «донор» [14].

Дріжджі це також гриби, мікроскопічні одноклітинні організми, які розмножуються або поділом клітини, або, наприклад, брунькуванням. Розміри їх клітин коливаються від 1,5–2 мкм до 8–10 мкм, а іноді й до 20–25 мкм [10, 11, 14].



*Аналіз останніх досліджень.* Світовий досвід, а також численні праці вчених підтверджують, що біодеградацію ВВ і ПММ можуть спричинювати і гриби (зокрема, дріжджі), і бактерії. Доведено шкідливий вплив як мінімум 150 видів МО [12, 15].

*Основна частина.* Деякі МО можуть існувати й розвиватися за наявності кисню на поверхні ПММ, тоді як інші, анаеробні МО, можуть діяти й всередині рідини, без доступу повітря [7, 8]. Отже, на швидкість розмноження й видовий склад МО впливають наявність у ПММ вільного кисню чи Оксигену (наприклад, у сполуках-окиснювачах), температура, вологість повітряного середовища та наявність вологи в нафтопродукті (НП), кислотність (рН) середовища, а також концентрація поживних для МО речовин [10, 11, 15, 16].

Вченими було доведено, що якнайкраще МО руйнують насичені лінійні ВВ з кількістю атомів Карбону у вуглеводневому ланцюзі до  $C_{18}$ , причому, встановлена певна закономірність їх біодеструктивної дії: чим менше у складі ПММ ароматичних (поліароматичних) сполук і, відповідно, температура фракційної дистиляції, тим більша здатність ПММ до біодеструкції. Це означає, що, наприклад, і бензини, і ДП доволі сильно схильні до біодеструкції. Окрім того, їх нестабільність значно зростає за умов потрапляння у ПММ води (зокрема вільної) в емульгованому стані чи навіть незначно розчиненої у НП [11, 12, 17].

МО можуть розподілятися в середовищі НП як рівномірно, так і концентруватися на поверхні поділу фаз, створюючи так звані «біоплівки». В цілому, біоплівка являє собою сукупність МО (підвищена їх концентрація), які можуть знаходитися у матриксі, а також продуктів їх метаболізму [3]. Такі біоплівки створюють додаткову загрозу МП, оскільки, крім біодеструкції МО, також відбувається значна зміна його фізико-хімічних властивостей, особливо поверхневого натягу і тиску насичених парів. Це, відповідно, шкідливо впливає й на експлуатаційні характеристики палива.

Багатьма дослідниками встановлено також значну зміну кислотності НП під впливом МО. Наприклад, значення рН може зміститися у бік кислого середовища через процеси окиснення ВВ і утворення в них карбонових кислот [10, 11, 13, 14, 17]. Таке зміщення рН середовища різко підвищує корозійну агресивність палива й є надзвичайно небезпечним. Також вчені зауважують підвищення кінематичної в'язкості палива, збільшення концентрації смолистих речовин і, відповідно, різку зміну оптичних характеристик МП, зокрема, його показника заломлення.

Отже, такі небажані зміни у фізико-хімічних властивостях МП можуть призвести до зростання димності відпрацьованих газів (ВГ) двигунів, надмірної витрати палива, погіршення умов пуску двигуна, підвищення зносу деталей, корозійної агресії палива і, як наслідок,



виходу паливної апаратури з ладу. У свою чергу, низькотемпературні властивості палив і їх в'язкісні характеристики тісно пов'язані між собою і обумовлюють прокачувальну здатність палив за низьких температур. Відомо, що такі зміни спричинюють парафінізацію ДП (відбувається часткова кристалізація парафінових ВВ – суміш алканів переважно нормальної будови з  $C_9-C_{40}$ ) і, як наслідок, забивання фільтрів. Такий важливий показник, як температура помутніння ДП також може змінитися під впливом його біодеградації.

У свою чергу, температура помутніння МП сильно залежить від умісту у ньому води, а у процесі своєї життєдіяльності багато МО виділяють воду як продукт метаболізму. Через це ДП буде насичуватись вологою, а його низькотемпературні характеристики погіршаться. Отже, у табл. 1 подано фракційний склад літнього ДП, наближений до оптимального, а у табл. 2 – вимоги до якості ДП за специфікацією EN 590.

Таблиця 1

Наближений до оптимального фракційний склад літнього дизельного пального [9]

Відгін, %об.	Початок кипіння фракції	10	50	90	96
Температура, °С	180...200	210...230	270...280	330...345	до 360...370

Таблиця 2

Вимоги до якості дизельних палив стандартів Євро 3... Євро 5 за EN 590

Назва показника	Одиниця виміру	Значення за екологічним класом		
		Євро 3	Євро 4	Євро 5
Вміст Сульфуру	мг/кг	не більше 350	не більше 50	не більше 10
Температура спалаху в закритому тиглі	градусів	не нижче 40	не нижче 55	
Фракційний склад – 95 % об. переганяється при температурі	градусів	не вище 360		
Масова частка поліциклічних ароматичних ВВ	%	не більше 11		не більше 8
Цетанове число:	одиниць			
– ДП літнього		не менше 51		
– ДП зимового		не менше 49		
– ДП арктичного		не менше 48		



Гранична температура фільтрованості:	градусів	
– ДП літнього		не вище мінус 5
– ДП зимового		не вище мінус 20
– ДП арктичного		не вище мінус 30
Змащувальна здатність (діаметр плями зносу при температурі 60 °С)	мкм	не більше 460
Об'ємна частка метилових/етилових естерів жирних карбонових кислот (ЖКК):	%	
– для ДП В0		0
– для ДП В5		не більше 5
– для ДП В7		понад 5 та не більше 7

У дослідженні за удосконаленою нами технологією [18] було отримано БДП – етилові естери ЖКК, якість якого перевірялась як експериментально за стандартними методиками, так і за допомогою розрахункових методів (табл. 3). Зокрема, якість БДП повинна відповідати національному стандарту ДСТУ 8695:2016, міжнародному стандарту EN 14214:2008+A1:2009 (країни ЄС), стандарту ASTM D 6751 (США), стандарту DIN 51606 (Німеччина). Модифіковані МП готували на БДП, одержаному з низькоерукової ріпакової олії (РО), у тому числі з додаванням відпрацьованих олій та/або фритюрних жирів (жировмісних відходів виробництва). Якісні характеристики сумішевих палив наведено в табл. 4.

Таблиця 3

Експериментально визначені характеристики ДП і одержаного з низькоерукової ріпакової олії за удосконаленою технологією БДП

Показники якості палива	100 %об. ДП літнє, $C_{16,2}H_{28,5}$ , M = 222,9 г/моль	100 %об. БДП, $C_{21,2}H_{39,6}O_2$ , M = 326,0 г/моль
Густина при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	847,6	885,4
В'язкість кінематична, мм <sup>2</sup> /с при:		
– 20°C	6,53	8,12
– 40°C	4,01	4,85
– 50°C	3,89	5,01
– 100°C	1,02	1,49
Коефіцієнт поверхневого натягу $\sigma_{20}$ (20 °С), мН/м	27,31	32,00
Цетанове число (ЦЧ)	51,3	65,1



Нижча теплота згоряння, $Q_n$ , МДж/кг	42,93	38,29
Кількість повітря, що необхідна для згоряння 1 кг речовини (стехіометричний коефіцієнт $l_0$ ), кг	14,50	12,68
Температура спалаху в закритому тиглі, °С	62	197
Температура помутніння, °С	-12,3	-9,0
Температура застигання, °С	-22,4	-14,5
Вміст, % по масі – Карбону С – Гідрогену Н – Оксигену О	87,21 12,78 0,01	78,04 12,15 9,81
Коксівність 10 % залишку, %, не більше	0,20	0,29
Зольність, %	0,01	0,01
Вміст води, мг/кг, % об.	56 –	167 сліди
Вміст механічних домішок, мг/кг	сліди	сліди
Корозійна стійкість (випробування на мідній пластинці, 3 год при 50 °С), оцінка	клас 1 витримує	клас 1 витримує
Кислотне число, мг КОН/г	0,14	0,17
Йодне число, г $I_2$ /100 г продукту	6,3	81,78
Затримка спалахування, (ITQ), мс	3,87	3,12

Таблиця 4

Показники якості отриманого за вдосконаленою технологією БДП і модифікованих біодобавками ДП

Показники якості палива	Норма за EN 14214:2008 +A1:2009 на метилові естери жирних кислот для дизелів	100%об БДП	БДП–10%об ДП – 90%об	БДП–15%об ДП – 85%об	БДП–30%об ДП – 70%об
Густина при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	860–900 (15 °C)	885,4	851,3	854,3	860,1
В'язкість кінематична, мм <sup>2</sup> /с при: – 20 °C – 40 °C – 100 °C	– 3,5–5,0 –	8,12 4,85 1,49	6,62 – –	6,76 – –	6,92 – –





$\sigma_{20}$ , МН/м	–	32,0	28,2	28,9	29,7
ЦЧ	$\geq 51$	65,1	51,4	51,5	53,6
Кількість повітря, що необхідна для згорання 1 кг МП $I_0$ , кг	–	12,68	14,28	14,16	13,99
$Q_H$ , МДж/кг	42,70	38,29	42,80	42,70	41,00
Температура спалаху в закритому тиглі, °С	$\geq 120$	197	78	85	89
Температура помутніння, °С	-12,0	-9,0	-11,2	-10,9	-10,4
Температура застигання, °С	-24,0	-14,5	-19,6	-18,3	-16,1
Вміст Сульфуру, мг/кг	$\leq 10$	<10	–	–	–
Вміст, % мас. – Карбону С – Гідрогену Н – Оксигену О		78,04 12,15 9,81	84,31 12,44 3,25	83,46 12,38 4,16	81,14 12,07 6,79
Коксивність 10 % залишку, %, не більше	$\leq 0,3$	0,29	0,23	0,25	0,29
Зольність, % (м/м)	$\leq 0,02$	0,01	0,01	0,01	0,005
Вміст води, – мг/кг – % об.	$\leq 500$ –	167 сліди	– сліди	– сліди	– сліди
Вміст механічних домішок, мг/кг	$\leq 24$	сліди	сліди	сліди	сліди
Корозійна стійкість (на мідній пластинці, 3 год., 50°C), оцінка	клас 1	клас 1 витримує			
Кислотне число, мг КОН/г	$\leq 0,50$	0,17	0,13	0,13	0,14
Йодне число, г $I_2$ /100 г продукту	$\leq 120$	81,78	–	–	–
Затримка спалахування, (ITQ), мс	3,60	3,12	–	–	–
Окиснювальна стабільність, 110 °С, годин	не менше 6,0	більше 20,0			

РО, використана для одержання БДП, має усереднену хімічну формулу  $C_{57,0}H_{101,6}O_6$  ( $M = 883,0$  г/моль). За даними хроматографічного аналізу, вона є сумішшю майже чистих тригліцеридів з таким умістом насичених і моно- чи поліненасичених ЖКК, %мас.:  $C_{14:0}=0,2$ ;  $C_{16:0}=4,5$ ;



$C_{16:1}=0,3$ ;  $C_{18:0}=1,5$ ;  $C_{18:1} = 56,0$ ;  $C_{18:2} = 19,6$ ;  $C_{18:3} = 10,1$ ;  $C_{20:0} = 1,5$ ;  $C_{20:1}=3,8$ ;  $C_{22:0} = 0,4$ ;  $C_{20:2} = 0,2$ ;  $C_{22:1} = 1,7$  [19].

Символи знизу вказують на кількість атомів Карбону і кількість кратних (тобто ненасичених) зв'язків у молекулі ЖКК; а цифра «0» означає, що це насичена ЖКК (відсутні ненасичені зв'язки).

Результати дослідження показників якості проб нафтового ДП, а також БДП, отриманого з РО, та паливних композицій (ПК), що містять 10–30 %об. БДП, згруповано у табл. 3 і 4. Аналогічно проводили дослідження показників якості ДП, модифікованого малими добавками БДП – 0,5–2,5 %об., які також відповідали стандартам. Як виявилось у дослідженні, основним недоліком застосування відходів виробництва для отримання МП є високе кислотне число і дещо підвищений уміст вологи [20], яка сильно впливає на розмноження МО, а також необхідність обов'язкового сортування жиромісних відходів.

Отже, як видно з таблиць, показники добутого БДП і модифікованих біодизелем ДП відповідають вимогам стандартів, а тому можуть бути використані як МП без переналагодження двигуна. Завдяки наявності у складі БДП фосфоліпідів досягається запобігаючий ефект щодо зношення поверхонь тертя.

Проаналізуємо такий показник, як «вуглецеве число» – відношення числа атомів Карбону до числа атомів Гідрогену С/Н для модифікованих біопалив (табл. 5).

Таблиця 5

Енергоємність і вуглецеве число для ДП, БДП і модифікованих біодизелем МП

Паливо	Відношення С/Н	Відношення Н/С (енергоємність)
Літнє, 100 % ДП	6,82	0,147
10 % об. БДП	6,78	0,147
15 % об. БДП	6,74	0,148
30 % об. БДП	6,72	0,149
100 % БДП	6,42	0,156

Зворотній показник Н/С – «водневе число» – також є важливою характеристикою палив та характеризує їх енергоємність. З табл. 5 видно, що вуглецеве число досліджуваних зразків МП закономірно збільшується при підвищенні вмісту в них нафтової складової – ДП. Водночас відомо, що збільшення показника С/Н у МП призводить до зростання питомих викидів вуглекислого газу з відпрацьованими газами автомобіля. А оскільки важливою умовою забезпечення сталого розвитку суспільства й біосфери є запобігання змінам клімату на



планеті й значне зменшення викидів парникових газів, особливо під час спалювання палив, то людству вкрай необхідно переходити на низьковуглецеві (низькокарбонові) енергоносії, бажано на МП біологічного походження.

Як можна побачити з даних табл. 5, енергоємності ДП і модифікованих біодобавкою палив мають близькі значення – 0,147–0,149, а використання біодобавок-оксигенатів призводить до зростання масової частки Оксигену  $w(O)$  і через це – до зменшення  $w(C)$  у МП ( $w(H)$  майже не змінюється).

Разом з тим, підвищення масової частки Оксигену  $w(O)$  у паливі спричинює зменшення його нижчої теплоти згоряння  $Q_n$  (табл. 6) –  $Q_n$  біодизелю приблизно на 11 % менша, ніж  $Q_n$  традиційного дизельного палива. Це також пов'язано з підвищеним умістом Оксигену в молекулах БДП. Окрім того, збільшення масової частки Оксигену  $w(O)$  у молекулах БДП порівняно з ДП призводить до зменшення на 12,6 % теоретично необхідної кількості повітря для згоряння 1 кг МП: з 14,50 кг при використанні ДП до 12,68 кг при використанні БДП (табл. 6).

Таблиця 6

Порівняння хімічного складу і фізико-хімічних характеристик моторних палив

Паливо	Масові частки елементів, $w(X)$ , %			$Q_n$ , МДж/кг	$I_0$ , кг повітря/кг палива
	С	Н	О		
Літне, 100 % ДП	87,21	12,78	0,01	42,93	14,50
10 % об. БДП	84,31	12,44	3,25	42,80	14,28
15 % об. БДП	83,46	12,38	4,16	42,70	14,16
30 % об. БДП	81,14	12,07	6,79	41,00	13,99
100 % БДП	78,04	12,15	9,81	38,29	12,68

Отже, для компенсації зниження потужності двигуна, спричиненого меншою теплотворною здатністю БДП, необхідно збільшувати циклову подачу палива при забезпеченні необхідних значень коефіцієнту надлишку повітря  $\alpha$ . Для цього потрібно збільшити об'ємну циклову подачу палива приблизно в 1,3...1,5 раза [21].

Разом з автором роботи [22] вважаємо, що кількість теплоти, що виділяється під час згоряння 1 кг МП, значною мірою обумовлена саме вуглецевим числом С/Н. Оскільки при застосуванні модифікованих біопалив відношення С/Н закономірно зменшується, то це призводить до збільшення вмісту парів води у ВГ дизеля і скорочення викидів оксидів Карбону. При цьому теплотворна здатність (нижча теплота згоряння) біопалив на ~4,5 % нижча, ніж у традиційного ДП, а густина на ~1,5 % більша (табл. 3 і табл. 4). Остання обставина підвищує енергонасиченість циклової порції біопалив рівного об'єму, і тому



падіння теплотворної здатності МП не погіршує його експлуатаційних характеристик.

Отже, за показником кількості повітря, що необхідне для згоряння 1 кг палива ( $l_0$ , рис. 1), біопалива близькі до нафтового ДП (табл. 6), а температура спалаху, визначена у закритому тиглі, для біопалив набагато вища – (78...197) °С проти 64 °С (табл. 4), що позитивно характеризує їх як менш пожежонебезпечні порівняно з нафтовим ДП.

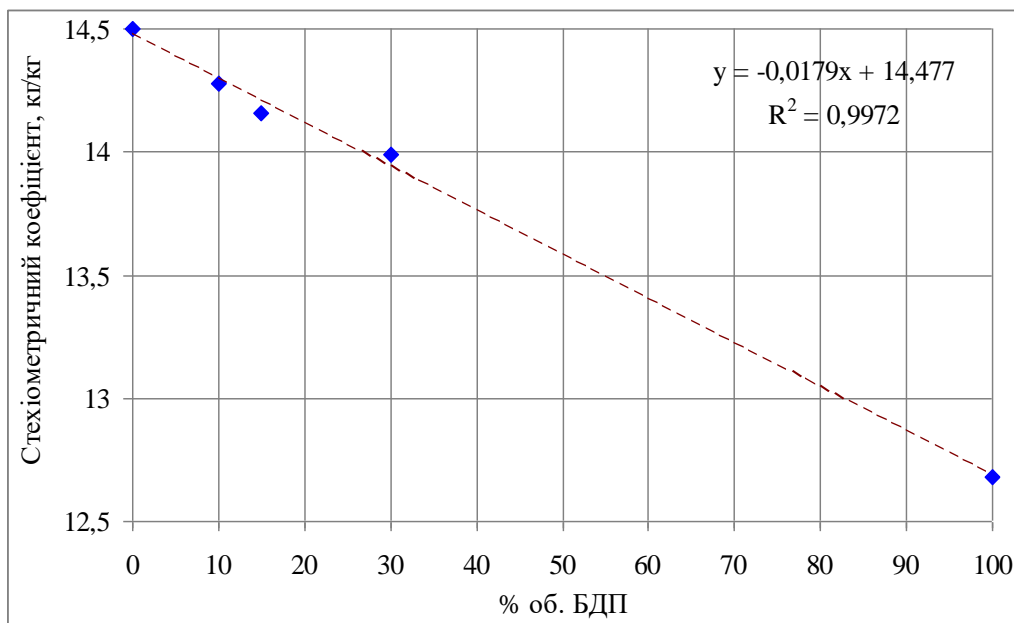


Рисунок 1. Залежність зміни кількості повітря, кг, що необхідне для згоряння 1 кг МП (стехіометричний коефіцієнт  $l_0$ ), від складу ПК.

Проаналізуємо ефективність застосування БДП і модифікованих біопалив за показником парникового ефекту (показник екологічної ефективності палив  $K_{\text{пеп.}}$ ), який було запропоновано В. І. Єроховим і М. М. Патрахальцевим (табл. 7).  $K_{\text{пеп.}}$  може варіюватися від 0 % (для  $H_2$ ) до 1,0 (якщо  $w(C) = 100$  %) і визначається за формулою [23]:

$$K_{\text{пеп.}} = w(C)_{\text{БДП}} / w(C)_{\text{ДП}}, \quad (1)$$

де  $K_{\text{пеп.}}$  – показник екологічної ефективності палив (показник парникового ефекту);

$w(C)_{\text{БДП}}$  – масова частка Карбону в БДП або в модифікованому МП, %;

$w(C)_{\text{ДП}}$  – масова частка Карбону в ДП, %.

Таким чином, найбільш екологічним серед досліджуваних палив з точки зору забезпечення сталого розвитку, скорочення викидів парникових газів й запобігання змінам клімату є БДП, оскільки його



$K_{\text{пеп.}}$  найменший – 0,89. Застосування модифікованих біопалив також сприятиме скороченню викидів парникових газів, зокрема  $\text{CO}_2$ , а також зменшенню їх шкідливого впливу на зміну клімату, на якість атмосферного повітря, але не настільки ефективно. Наприклад, для 10 %-ої (за об'ємом) біопаливної композиції  $K_{\text{пеп.}} = 0,97$ , а вміст Карбону наближається до вмісту Карбону в традиційному ДП. І тільки для 30 %-го БП  $K_{\text{пеп.}}$  значимо відрізняється і дорівнює 0,93.

Таблиця 7

Показник екологічної ефективності (парникового ефекту) біопалив

Паливо	$w(\text{C})_{\text{МП}}$ , %	Показник екологіч-ної ефективності МП, $K_{\text{пеп.}}$
Літнє, 100 % ДП	87,21	–
10 % об. БДП	84,31	0,97
15 % об. БДП	83,46	0,96
30 % об. БДП	81,14	0,93
100 % БДП	78,04	0,89

Отже, одержані експериментальні дані дають змогу дійти висновку щодо екологічної ефективності часткової заміни нафтового ДП на біодизель і на модифіковані біодобавками ПК. І хоча деякі фізико-хімічні й експлуатаційні характеристики таких МП дещо відрізняються від властивостей нафтового ДП (табл. 3 і табл. 4), вони все одно знаходяться у допустимих межах, оскільки однією з переваг використання дизельних моторів є можливість застосовувати МП з широким варіюванням фізико-хімічних властивостей [9, 23–25].

Відомо, що надійність і штатність роботи двигунів АТЗ вельми сильно залежить не тільки від якості МП, а й від їх стабільності, тобто здатності МП зберігати свої нормативні фізико-хімічні та експлуатаційні властивості упродовж певного часу при транспортуванні, використанні та зберіганні палив. Фахівці виокремлюють декілька основних видів стабільності МП, у тому числі й біологічного походження. Це, зокрема, хімічна, фізична, термічна (термоокиснювальна) та біологічна (мікробіологічна) види стабільності МП [15].

Хімічна нестабільність може бути зумовлена різноманітними хімічними (і навіть фізико-хімічними) перетвореннями під час транспортування, використання чи зберігання палива; фізична – може відбуватися, наприклад, унаслідок процесів випаровування чи кристалізації (парафінізації) певних складових палив; термічна – процесами, що відбуваються за підвищення температури, а біологічна – через мікробіологічну уразливість МП. Тому для підвищення стабільності та інших якостей МП до них додають спеціальні речовини – добавки чи присадки, а також створюють ПК із заданими фізико-



хімічними та експлуатаційними властивостями. Проте у роботі [8] описано можливе інтенсифікування процесів біодеструкції внаслідок додавання до палив деяких добавок для покращення їх експлуатаційних властивостей. Більш того, після ураження МО позитивна дія цих добавок може бути значно знижена, оскільки внаслідок біодеградації певних вуглеводневих складових палива його фракційний склад значно змінюється, а, отже, відбувається суттєве погіршення і фізико-хімічних, і експлуатаційних характеристик МП [15, 17].

Зокрема, у роботі [12] подано класифікацію ВВ за їх ураженістю МО, тобто за рівнем їх потенційної біодеструкції МО (табл. 8), а у дослідженні [17] – емпіричні дані та закономірності стосовно ступеня біоураженості МО деяких індивідуальних нафтових ВВ, що є компонентами МП. Автор роботи дійшов висновку, що певні бокові вуглеводневі радикали мають різний ступінь ураженості до дії МО. Зокрема, усі алкани є нестійкими до біоураження, але, наприклад, ізооктан залишається стійкішим до мікробіологічного впливу.

Таблиця 8

Класифікація ВВ за здатністю до біодеструкції [12]

Вуглеводні	Відношення ВВ до біоураження	Ступінь біодеструкції, у відсотках до їх початкового вмісту
Н-алкани (парафінові), ізоалкани (ізопарафінові)	Високочутливі	80–100
Циклоалкани, наприклад, з 1, 2, 5, кільцям, моноароматичні ВВ, сульфуровмісні ароматичні ВВ тощо	Чутливі	60–80
Циклоалкани, наприклад, з 3 та 4 кільцями, ароматичні з 3-ма конденсованими ядрами	Помірно чутливі	45–60
Ароматичні ВВ з 4-ма конденсованими ядрами, стерани, тритерпани, нафтоароматичні	Стабільні (стійкі)	30–45
Ароматичні ВВ з 5-ма конденсованими ядрами, асфальтени, смоли	Високостабільні	0–30

Щодо ароматичних ВВ, то бензол та його похідні, що не мають бокових розгалужень, є біоуразливими за температури понад 30 °С, а за наявності бокових радикалів (аліфатичних ланцюгів) їх біологічна нестабільність значно підвищується. Так само при збільшенні в молекулі ВВ бензольних кілець (ядер), особливо з конденсованою будовою, його здатність молекули до біодеструкції підвищується. Проте, окрім певних виявлених закономірностей, слід звертати увагу на середовище, в якому експлуатується чи зберігається МП, оскільки в





ньому можуть міститися специфічні МО (і в різних кількостях), що здатні прискорити біодеструкцію. Відомо, що етилові й метилові естери ЖКК (БДП) через підвищену схильність до біодеградації не можуть зберігатися тривалий час, особливо якщо в їхньому складі залишається вода [20, 21, 26]. Саме це й є однією з найважливіших проблем щодо використання чистих біопалив у двигунах АТЗ. Проте навіть незначні добавки біодизелю до нафтового палива позитивно впливатимуть на його змащувальні властивості [25], не зменшуючи при цьому його біостабільність. Отже, у роботі досліджено вплив біодобавок (етилові естери ЖКК) у концентрації (0,5...2,5) %об. на характеристики традиційного ДП (рис. 2).

Як видно з графіків, фізико-хімічні характеристики паливної системи з біодобавками естерів змінюються монотонно, за характерним для кожної з властивостей законом, що свідчить про відсутність хімічної взаємодії між компонентами паливної системи. Таким чином, доходимо висновку, що додавання біодобавки у концентрації до 10 %об. майже не вплине на цетанове число ДП, його пускові властивості тощо і не погіршить фізико-хімічні властивості палива.

З метою підвищення екологічності двигуна, а також запобігання процесів біодеградації МП було розроблено поліфункціональну ПК, яка, по-перше, відповідає ДСТУ 7688:2015, по-друге, її застосування сприяє поліпшенню екологічних характеристик двигуна, а, по-третє, відрізняється від інших більшою біологічною стабільністю [24; 27].

Як зазначалось, серед основних інгредієнтів традиційного ДП – алкани (парафінові вуглеводні), циклоалкани (циклопарафіни), алкени (незначна частина) та арени (ароматичні сполуки). Ці ВВ через небажані хімічні й біохімічні (за участю МО) перетворення здатні до окиснення; деякі з них – до конденсації і навіть полімеризації. Тобто більшість з перетворень відбуваються за участю кисню чи Оксигену або за участю інших сильних окисників. Причому, зазвичай ці процеси відбуваються за вільно-радикальними механізмами, здебільшого розгалуженого типу [23, 24, 26], і призводять до утворення смолистих речовин.

Утворені смолисті речовини й осадки (нагар) накопичуються на деталях паливної апаратури, виводячи її з ладу. Вони значною мірою погіршують і термостабільність МП, а також його біологічну стійкість.

Отже, припускаємо, що введення до ДП добавок речовин-антиоксидантів, які, не погіршуючи експлуатаційних і екологічних характеристик двигуна, перешкоджатимуть небажаним хімічним і біохімічним перетворенням НП, є екологічно і економічно доцільним.

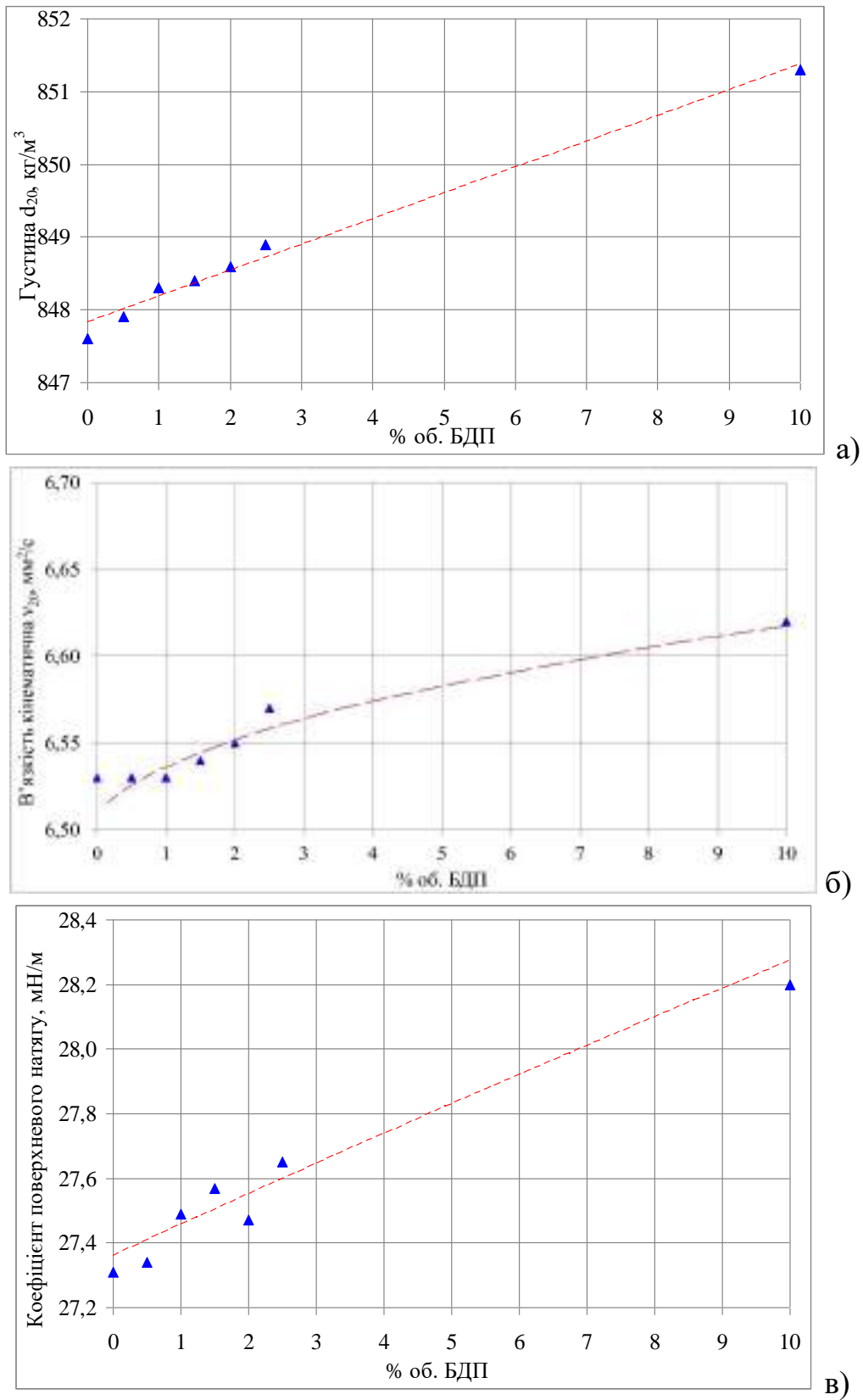


Рисунок 2. Фрагменти залежностей зміни: а) густини; б) кінематичної в'язкості; в) коефіцієнту поверхневого натягу ДП з біодобавками етилових естерів ЖКК від концентрації біодобавки.



Зокрема, дія речовин-антиоксидантів полягатиме у сприянні обриву ланцюгових реакцій завдяки взаємодії їх молекул з вільними радикалами (реакції виду (2) і (3)), що утворюються за умов зберігання й експлуатації палива [28]:



де In – вуглеводневий радикал речовини-антиоксиданту.

Серед речовин-антиоксидантів для ПК обирали ті, що є термостабільними за температур  $\geq 200$  °C і не погіршують екологічні характеристики МП. Це були беззольні термостабільні добавки, які мають у молекулах гетероатоми й циклічні фрагменти і здатні проявляти поліфункціональні властивості у МП. Вони здатні запобігати окиснювальній хімічній і біологічній деструкції ВВ.

Проведені дослідження надали можливість розробити ефективний склад ПК, яка містить декілька речовин-антиоксидантів різної будови, які будуть діяти за своїм, специфічним для певної будови механізмом. При цьому спостерігали синергетичну дію – підсилення антиоксидантної активності ПК порівняно з дією окремих речовин-антиоксидантів [26, 29].

Для забезпечення поліфункціональних властивостей розробленої ПК ще одним інгредієнтом обрано комплекс поверхнево-активних речовин (ПАР), які здатні проявляти у ПММ миюче-диспергуючу дію. Принцип позитивного впливу таких речовин полягає у зменшенні поверхневого натягу МП через здатність їх дифільних молекул концентруватися у приповерхневому шарі рідкої системи. Нами обрано найбільш екологічно безпечні неіоногенні ПАР – полігліколеві естери ЖКК (поліоксиетилени), загальна формула яких  $\text{RCOO}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$ . Ці складові у ПММ здатні проявляти також і антикорозійну та інгібуючу дію, а також бактерицидні властивості [26, 29, 30].

При підборі складу поліфункціональної стабілізуючої ПК особливу увагу приділяли її сумісності з ДП та БДП, іншими ПММ тощо, а також здатності виявляти підсилюючу, синергетичну дію [29]. Для порівняння взято літнє ДП-Євро мережі автозаправних комплексів «ОККО» (відповідає ДСТУ 7688:2015 та EN 590:2013, Євро 5). Зміну деяких з досліджуваних фізико-хімічних характеристик ДП після введення ПК показано на рис. 3. Як можна побачити, ДП, стабілізоване розробленою ПК (вмістом до 0,20 %об.), повністю відповідає чинній нормативній базі [31].

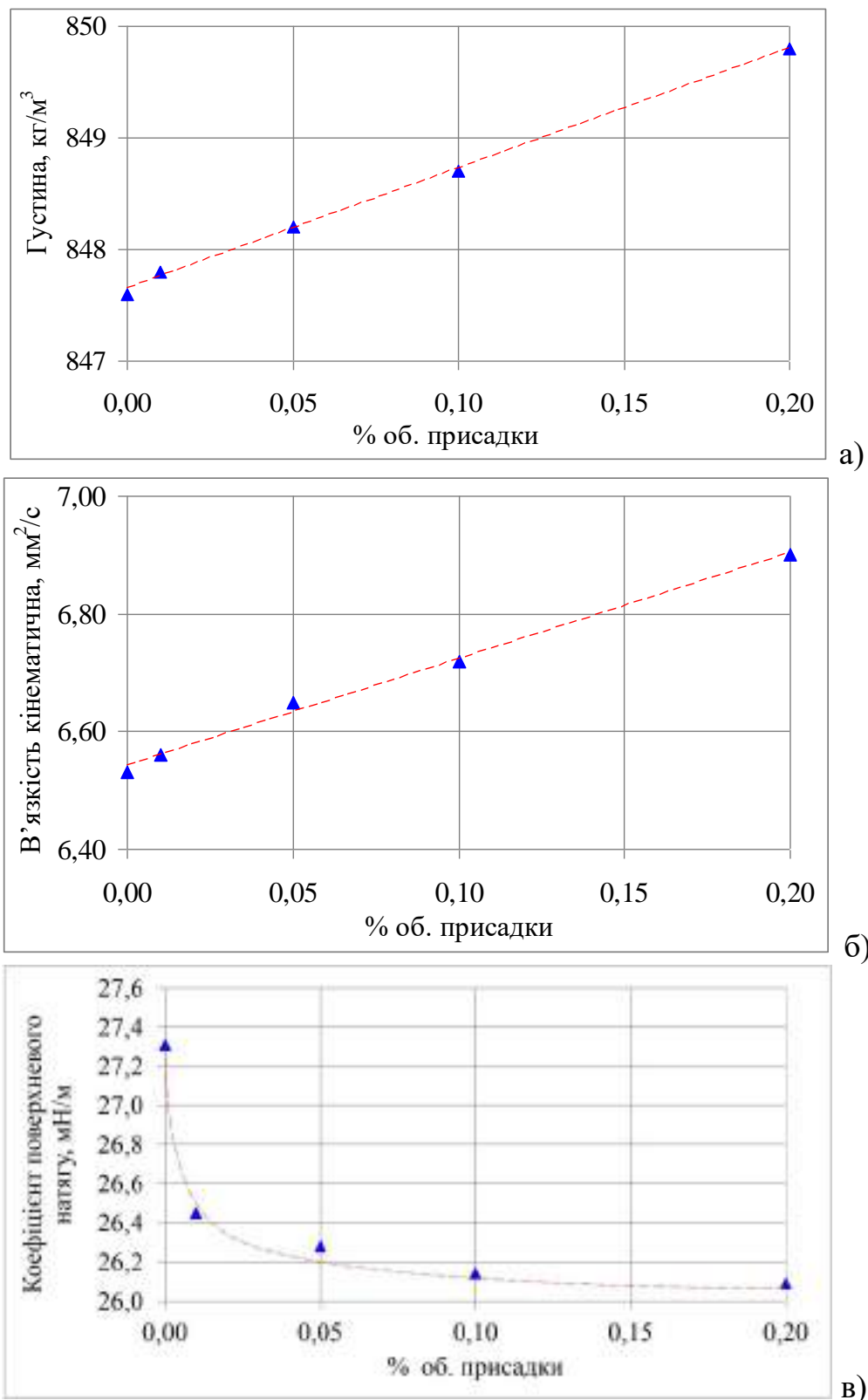


Рисунок 3. Залежності зміни: а) густини; б) кінематичної в'язкості та в) коефіцієнту поверхневого натягу паливної системи від вмісту поліфункціональної ПК.

Отже, розроблена ПК, практично не впливаючи на цетанове число ДП, у допустимих межах підвищує густину і кінематичну в'язкість МП і



значно знижує його поверхневий натяг. Додавання цієї композиції до ДП показало полегшення умов пуску двигуна, покращення стабільності МП, поліпшення умов сумішоутворення і завдяки цьому – покращення умов згоряння палива, зменшення димності і токсичності ВГ, підвищення економічності та екологічності дизельних моторів.

*Висновки.* Таким чином, керування процесом згоряння МП у камері згоряння двигуна шляхом додавання до МП добавок і присадок специфічної дії є одним зі способів підвищення екологічності АТЗ. У свою чергу, МП чи ПК, отримані з додаванням біопалив, можна розглядати як засіб фізико-хімічного впливу на їх властивості і, відповідно, на процеси робочого циклу двигуна. Тобто введення до МП добавок біодизельного пального, змінюючи у відповідних межах його густину, в'язкість, поверхневий натяг, тиск насичених парів та інші характеристики, проявляється також і у введенні у камеру згоряння додаткової кількості окисника – Оксигену. Останнє є дуже важливим з огляду на те, що такий вплив на робочі процеси у камері згоряння двигуна оптимізує не тільки режим спалювання МП, впливає на кінетику й особливості процесів спалахування й горіння паливно-повітряної суміші, а й визначає склад і обсяги викидів забруднювальних речовин з відпрацьованими газами АТЗ. Зокрема, введення оксигенатів до МП значно зменшує показник димності дизеля.

На основі аналізу механізмів вільно-радикальних процесів окиснення ДП, у тому числі й біологічного походження, дійшли висновку про можливість впливу на ці процеси не тільки шляхом додавання біодобавок, а й за допомогою спеціальних поліфункціональних ПК на основі речовин-антиоксидантів і ПАР, які рекомендується вводити до МП перед його використанням (наприклад, під час заправки АТЗ). Така ПК сприяє оптимізації умов згоряння палива, стабілізує його як в хімічному, так і в біологічному сенсі, зберігаючи товарні властивості палива тривалий час через блокування реакцій вільно-радикального окиснення ВВ, гальмування процесів біодеградації та деяких інших небажаних перетворень. Завдяки використанню біоскладової як розчинника досягається покращення трибологічних властивостей ДП.

#### Список використаних джерел

1. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. Pp. 478-480.
2. Serebryakova N. Use of threedimensional computer visualization in the study of nanostructures. Минск: БГАТУ, 2020. С. 517-519.



3. Komar A. S. Fertilization of poultry manure by granulation. *Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production: Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference*. 2019. Pp. 18–20
4. Boltianska N.I., Manita I., Podashevskaya H. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. *Інженерія природокористування*. Харків: ХНУСГ, 2020. №2(16). С. 33–37.
5. Manita I., Podashevskaya H. Areas of application of nanotechnologies in animal husbandry. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 357-361.*
6. Sklar R. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Rome. 2021. Pp. 171-176.
7. Serebryakova N., Podashevskaya H., Manita I. Selection of optimal modes of heat treatment of grain. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 20-24.*
8. Boltianska N.I., Boltianskyi O.V., Boltianskyi B.V. Reducing energy expenses in the production of pork. *WayScience*. Dnipro, Ukraine, 2021. P.1. С. 27-29.
9. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення: навч. посіб., кн. 1. Паливо-мастильні матеріали і технічні рідини; за ред. В. Я. Чабанного; 2-ге вид., перероб. та доп. Кіровоград: Центр.-Українське вид-во, 2008. 353 с.
10. Губський Ю. І., Ніженковська І. В., Корда М. М. та ін. Біологічна та біоорганічна хімія: у 2 кн.: підручник. кн. 2. Біологічна хімія, за ред. Ю. І. Губського, І. В. Ніженковської. К.: ВСВ "Медицина", 2016. С. 203–230.
11. Козлова І. П., Радченко О. С., Степура Л. Г., Кондратюк Т. О. Геохімічна діяльність мікроорганізмів та її прикладні аспекти: навч. посіб. К.: Наук. думка, 2008. 528 с.
12. Тимергазіна І. Ф., Переходова Л. С. К проблеме биологического окисления нефти и нефтепродуктов углеводородокисляющими микроорганизмами. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2012. № 1. С. 2–17.
13. Passman F. J. Microbial contamination and its control in fuels and fuel system. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 81. 2013. P. 88–104.
14. Ястремська Л. С., Малиновська І. М. Загальна мікробіологія та вірусологія: навч. посіб. К.: Вид-во НАУ. 2017 232 с.
15. Шкільнюк І. О. Розроблення методично-організаційних засад біологічної стабільності авіаційного палива. Дис. на здобуття наук. ступеня канд. техніч. наук за спец. 05.17.07 – хімічна технологія палива





і паливно-мастильних матеріалів. НАУ, Київ, 2020. 159 с.

16. Gaylarde C. C., Bento F. M., Kelley J. Microbial contamination of stored hydrocarbon fuels and its control. *Revista de Microbiologia*. 1999. N 30. P. 1–10.

17. Литвиненко С. Н. Защита нефтепродуктов от действия микроорганизмов. М.: Химия, 1977. 139 с.

18. Кофанова Е. В., Василькевич А. И., Кофанов А. Е., Степанов Д. Н. Ресурсосберегающая малоотходная технология производства биодизельного топлива. *Горная механика и машиностроение*. 2015. № 2. С. 96–102.

19. Ольшевський І. В., Бодачівський Ю. С. Гетерогенно-каталітична трансестерифікація естерів кислот спиртами. *Наука і молодь. Прикладна серія*. 2011. С. 165–168.

20. Ільченко А. В. Перспективи застосування біодизельного палива в автомобільних двигунах. *Вісн. Нац. транспортного ун-ту*. 2013. Вип. 27. С. 13–18.

21. Марков В. А., Девянин С. Н., Семенов В. Г., Шахов А. В. и др. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях *Автомобильная промышленность*. 2006. № 2. 589 с. URL: [http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o\\_1783255#1](http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_1783255#1) (25.04.21).

22. Сеницын В. А., Кулманаков С. П., Кулманаков С. С. Расчетные исследования влияния состава кислородсодержащих биотоплив на формирование индикаторного КПД. *Известия ВолгГТУ*. 2013. № 12 (115). С. 13–16.

23. Патрахальцев Н. Н. Регулирование ДВС методом изменения физико-химических свойств моторного топлива. *Транспорт на альтернативном топливе*. 2010. № 3 (15). С. 26–32.

24. Кофанова О. В., Кофанов О. Є. Застосування методу "фізико-хімічного регулювання" властивостей моторного палива для підвищення екологічності автотранспортних засобів. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2014. № 3(37). С. 88–97.

25. Романцова С. В., Нагорнов С. А. Эфирная композиция для улучшения свойств дизельного топлива. *Наука в центральной России*. 2013. № 2. С. 35–43.

26. Vasylykevych O., Kofanova O., Tkachuk K., Kofanov O. Alkylphenol derivatives of the polymer of thiocyanic acid and 5-amino-1,2,4-dithiazole-3-thione as an effective additives to fuels and lubricants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. № 3/6 (81). С. 45–51; DOI: 10.15587/1729-4061.2016.71267.

27. Потапов Н. Н., Лимонник Е. М., Степанов Н. Б., Василькевич А. И., Кофанов А. Е. Специальная присадка для улучшения экологических и экономических показателей автомобильных бензинов. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2011. № 2 (29). С. 109–114.

28. Carey F. A., Sundberg R. J. *Advanced Organic Chemistry. Part A: Structure and mechanisms*; 5-th ed. Springer, 2007. 1199 p.



29. Vasylykevych O., Kofanov O., Kofanova O., Tkachuk K. Synergism of stable nitroxyl radicals and amines during the oxidation process of motor fuels and oils at increased temperatures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 6/6 (90). С. 4–9; DOI: 10.15587/1729-4061.2017.118784.

30. Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. 2020. P. 431-433.

31. ДСТУ 7688:2015 Паливо дизельне Євро. Технічні умови. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 14 с. (Національний стандарт України).

Стаття надійшла до редакції 17.05.2021 р.

**A. E. Kofanov, A. I. Vasilkevich, V. V. Kofanova, K. K. Tkachuk,  
V. Ya. Tverdaya, A. J. Belous**  
**National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic  
Institute”**

### **INCREASING THE STABILITY OF DIESEL FUELS WITH STABILIZING ADDITIVES, ADDITIVES AND POLYFUNCTIONAL FUEL COMPOSITIONS**

#### *Summary*

The quality of motor fuels and their physical and chemical characteristics significantly affect the toxicity of emissions from motor vehicles, as well as the operational and economic indicators of the engine. The quality of motor fuels and their physicochemical characteristics significantly affect the toxicity of vehicle engine emissions, as well as the operational and economic performance of the engine. Thus, investigations in this sphere are important in terms of environmental safety and human health. The paper analyzes the influence of various substances and microorganisms on the quality and properties of diesel and biodiesel fuels, presents the results of authors' investigations on the selection of the chemical composition of multifunctional fuel compositions to counteract their degradation. The influence of the developed fuel composition on physicochemical, operational and economic indicators of diesel motor fuels was studied; their inhibitory effect on fuel biodegradation processes was established. The multifunctional action of the developed fuel composition is due to the presence in its composition of antioxidant substances that slow down the free radical processes of conversion of petroleum hydrocarbons and stabilize the fuel both in the chemical and microbiological sense, as well as surfactants that have a detergent action. Due to the use of the biocomponent as a solvent, the tribological properties of low-sulfur motor fuels have been improved. The developed composition is injected into the fuel before its use, for example, during refueling of the vehicle and helps to optimize the conditions of fuel combustion in the combustion chamber of the engine.

**Key words:** exhaust gases, biodiesel, diesel fuel, internal combustion engines, biodegradation, additive.



**А. Е. Кофанов, А. И. Василькевич, В. В. Кофанова, К. К. Ткачук, В. Я. Твердая, А. Я. Белоус**

**Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»**

**ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДИЗТОПЛИВА  
СТАБИЛИЗИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ, ПРИСАДКАМИ И  
ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ТОПЛИВНЫМИ КОМПОЗИЦИЯМИ**

*Аннотация*

В работе проанализировано влияние различных веществ и микроорганизмов на качество и свойства дизельного и биодизельного топлив, представлены авторские наработки по подбору химического состава полифункциональных топливных композиций для противодействия порче топлива. Изучено влияние разработанной топливной композиции на физико-химические, эксплуатационные и экономические показатели дизельных моторных топлив, установлено их ингибирующее действие на процессы биодegradации топлива. Полифункциональное действие разработанной топливной композиции обусловлено наличием в ее составе веществ антиоксидантного действия, которые замедляют течение свободно-радикальных процессов преобразования нефтяных углеводородов и стабилизируют топливо как в химическом, так и в микробиологическом смысле, а также поверхностно-активных веществ, которые имеют моюще-диспергирующее действие. Благодаря использованию биодобавки как растворителя достигается улучшение трибологических свойств моторных топлив с низким содержанием серы. Разработанная композиция вводится в топливо перед его использованием, например, при заправке автотранспортного средства и способствует оптимизации условий сгорания топлива в камере сгорания двигателя.

**Ключевые слова:** отработавшие газы, биодизельное топливо, дизельное топливо, двигатели внутреннего сгорания, биодegradация, добавка.



УДК. 631.3:621.892

Д.П. Журавель, д.т.н.

ORCID: 0000-0002-6100-895X

А.М. Бондар, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-4761-9084

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

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

## ПОКРАЩЕННЯ ТА ОЦІНКА ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОТРАКТОРНИХ ОЛИВ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

**Анотація.** В роботі обґрунтована методика та устаткування для очищення робочих рідин з метою продовження строку їх служби і подальшого забезпечення експлуатаційної надійності гідравлічних систем сільськогосподарської техніки. Розроблено та досліджено математичні моделі надійності системи очищення відпрацьованих гідравлічних оли. Отримано ймовірності станів, які покладені в основу визначення комплексних показників надійності гідравлічної системи сільськогосподарської техніки. В цілому надійність всієї гідравлічної системи залежить від надійності всіх її елементів, а також від якісних показників робочих рідин. Приведена технічна характеристика установки для очищення відпрацьованих гідравлічних оли та її принцип дії.

**Ключові слова:** система очищення, надійність системи, відпрацьована гідравлічна олива, фільтрація, граф станів, інтенсивність і ймовірність відмови, інтенсивність відновлення, ресурс.

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день Україна використовує більше 1 млн. т/рік свіжих оли, а при умові відсутності нормативу збору, на державному рівні збирає приблизно 500 тис. т/рік відпрацьованих нафтопродуктів, що складає близько до ресурсу споживання оли Німеччиною (660 тис. т/рік). Утворення та накопичення відпрацьованих моторних оли після застосування у двигуні внутрішнього згоряння є небезпечною екологічною проблемою як в Україні, так і в світі. Утилізацію відпрацьованих оли можуть здійснювати декількома способами, зокрема використовувати їх як компонент котельних палив. Але найбільш ефективним методом є регенерація з отриманням оли відповідного призначення, так як вартість регенованих оли є на 40 –70 % меншою від вартості



товарних олив. Оскільки велика кількість відпрацьованих олив в Україні утилізують неналежним чином, то проблема створення новітніх технологій регенерації відпрацьованих моторних олив є особливо актуальною для України [1-6].

*Аналіз останніх досліджень.* Якість моторних олив характеризується такими загальними фізико-хімічними властивостями, як кінематична в'язкість, забруднення, температура застигання і спалаху, корозійні властивості і деякі інші. Дані властивості відіграють вирішальну роль для знаходження меж використання олив під час роботи двигуна [7-10].

В'язкість олив впливає як на режим змащування, так і на експлуатаційні характеристики вузлів і агрегатів – величину крутного моменту, циркуляційні витоки через ущільнення, надійність запуску і т.д. Для визначення кінематичної в'язкості служать капілярні віскозиметри типу Освальда-Пінкевича або ВПЖ-2, що представляють собою У-образну трубку, в одному коліні якої є дві калібровані шарикові ємності, які переходять капіляр, а в другому коліні – розширена ємність для нагрівання оливи.

Забруднення олив – природний процес, який відбувається внаслідок багатогранних процесів. Основною причиною є забруднення оливи сажею і вуглеводневими частками в результаті неповного згоряння палива в камері згоряння двигуна. Окрім цього в оливу попадають металічні домішки в результаті зносу деталей циліндро-поршневої групи. Також забруднення відбуваються із-за попадання домішок з атмосфери при заправці, транспортуванні і неправильному зберіганні. Найбільшого розповсюдження оцінки забрудненості в оливі отримав метод центрифугування на центрифугах, замість стандартного, який здійснюється методом фільтрування через паперовий знезолений фільтр. Вода також є небажаною домішкою в оливі, так як вона при з'єднанні з сіркою дає реакцію, в результаті якої утворюється сірчана і сірчиста кислоти, які підвищують кислотну агресивність оливи. Для справного двигуна вміст води в оливі становить 0,03-0,05%. Перевищення гранично допустимих значень прискорює окислюваність оливи, піддаються гідролізу присадки, порушується колоїдна стабільність забруднень, і внаслідок їх коагуляції блокуються оливні фільтри, погіршуються протикорозійні та протизносні властивості оливи. Вода в певних умовах може зіграти основоположну роль в аварійному виході двигуна з ладу навіть більшою мірою, ніж відсутні в оливі присадки. При заправці свіжої масла в картер двигуна воду в оливі можна і не помітити, якщо вона знаходиться у вільному стані [11-16].

З перших же годин експлуатації відбудеться змішування води з оливою в системі змащування, і тоді (навіть якщо наявність води 0,1%)



починається різкий процес деструкції присадок. Така олива, потрапляючи по оливним каналах до поршневих кілець, викликає інтенсивне зростання відкладень під кільцями (присадки як би спікається під кільцями, утворюючи дуже тверді відкладення) за рахунок дії високих температур, що може привести до їх поломки. Подібного роду процеси відбуваються і в сполученні вкладиш-шийка колінчастого вала. У двигунах з гранично зношеними деталями ЦПГ такі процеси відбуваються ще більш інтенсивно. У деяких випадках подібного роду відхилення можна спостерігати на датчику системи змащування (зміна тиску), в інших випадках змінюється потужність двигуна. У всіх випадках необхідно негайно припинити роботу, заглушити двигун, злити оливу, змінити фільтр, промити систему змащення і заправити свіжу оливу. Наявність води визначається якісно і кількісно згідно ГОСТ 1547-84 і ГОСТ 2477-2014 методом потріскування і випарювання.

Температура застигання визначається згідно ГОСТ 1533-74. В стандартну пробірку наливають оливу і занурюють її в вертикальному положенні в охолоджувальну суміш певної температури. Через п'ять хвилин пробірку на одну хвилину нахилиють під кутом  $45^{\circ}$ . По рівню зміщення оливи знаходять температуру застигання.

Температура спалаху в відкритому тиглі ГОСТ 4333-87 – це температура до якої необхідно нагріти оливу, щоб пари її утворили з повітрям вибухову суміш, яка спалахує при піднесенні до неї полум'я. Температура спалаху характеризує вогнебезпечність оливи і вказує на наявність низько киплячих фракцій або домішок пального.

Корозійні властивості олив визначаються згідно ГОСТ 20502-75. Метод ДК-2-НАМІ служить для оцінки потенціальної корозійності олив. Прилад ДК-2 уявляє собою ванну для оливи, в якій обертається касета зі вставленими в неї скляними Л-образними формами колбами. В кожну колбу наливають певну кількість оливи і туди ж на склянім тримачі опускають свинцеві пластини. Оскільки баня для оливи встановлено під кутом до горизонту, при обертанні пластини періодично омиваються оливою і повітрям. В приладі ДК-2 процес корозії протікає значно скоріше чим в приладі Пінкевича. Дослід продовжується 10 годин замість 50. Показником корозійних властивостей є втрата маси свинцевих пластин, яка виражена в  $\text{г/м}^2$  [17-19].

Змащувальні властивості олив – загальна назва декількох властивостей, які впливають на процес тертя і зношення поверхонь тертя в машинах. В умовах граничного змащування оливи, які володіють значною маслянистістю, забезпечують найменше тертя і знос, а також запобігають заїдання трибоспряжень. Найбільше розповсюджені способи оцінки змащувальних олив є механічні





випробування їх на приладах і машинах тертя. Найбільшого розповсюдження отримала чотирьохшарикова машина тертя [20-21].

*Формулювання мети статті.* Метою статті є розробка методології покращення та оцінки якісних показників відпрацьованих моторних олиव для сільськогосподарської техніки.

*Основна частина.* Для оцінки якості можна використовувати оціночні показники до яких пред'являються певні вимоги. Показники становлять систему, яка характеризує і враховує основні фактори, що впливають на старіння олив. Всі показники виражаються в аналітичному вигляді і описують функціональну залежність зміни стану оливи в двигуні. Оціночні показники працюючої оливи відображають ступінь зношеності його до моменту вибракування. Бракувальні - це такі значення того чи іншого показника якості, при досягненні якого олива вважається непридатною для застосування в двигуні. При досягненні бракувального показника відбувається помітне збільшення швидкості зношування, утворення нагаровідкладень або якась інша зміна, яка безпосередньо впливає на економічність і надійність двигуна.

Кожен із оціночних показників повинен мати фактичне значення при виконанні процесу і еталонну величину, яка встановлюється певними нормами [6-10]. Тому в основу розрахунку оціночних показників покладений принцип порівняння, тобто відношення між фактичними і еталонними показниками. В результаті чого утворюються коефіцієнти досконалості процесу старіння оливи. Орієнтуючись на те, що основні показники якості оливи змінюються по двом основним закономірностям (негативні властивості збільшуються, а позитивні зменшуються), здійснюється розрахунок коефіцієнтів якості оливи. На рис.1 наведено теоретичні залежності розрахунку коефіцієнтів якості моторної оливи.

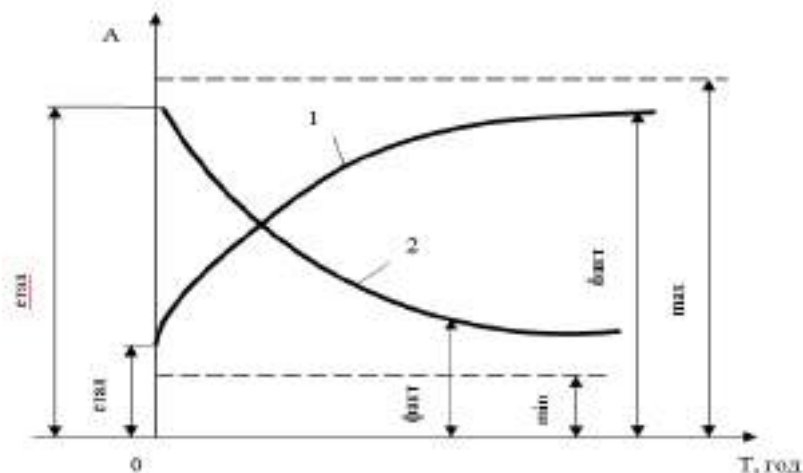


Рисунок 1. Теоретичні залежності розрахунку коефіцієнтів якості моторних олив



Будь-яка товарна олива має вихідні величини, які приймаються за еталонні. По мірі роботи двигуна, олива втрачає свої початкові властивості, фактичні значення показників змінюються і досягають якихось мінімальних або максимальних значень, які приймаються за бракувальні. Коефіцієнти досконалості процесу старіння оливи можуть оцінюватись простими формулами, які для процесів, що відбуваються за кривою 1, виражені відношенням еталонних величин, тобто величин, які відповідають значенням товарних олив до фактичних величин, отриманих за певний період експлуатації енергетичних засобів, тобто:

$$S_1 = \frac{A_e}{A_\phi} \quad (1)$$

Для процесів, якщо відбуваються за кривою 2 необхідно брати відношення фактичних значень параметрів до еталонних. Тоді коефіцієнти якості оливи записуються в наступному вигляді:

$$S_2 = \frac{A_\phi}{A_e} \quad (2)$$

Використовуючи дані міркування, можна записати формули деяких коефіцієнтів, які характеризують якісні зміни працюючих моторних олив. Дані коефіцієнти наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

## Критерії оцінки якості моторних олив

Група	№ п/п	Найменування коефіцієнта	Розрахункова формула	Позначення
1	1	Коефіцієнт в'язкості	$\eta_\vartheta = \frac{\nu_e}{\nu_\phi}$	$\nu_e, \nu_\phi$ - еталонна і фактична в'язкості, сСт
	2	Коефіцієнт концентрації іонів водню	$\eta_{pH} = \frac{pH_\phi}{pH_e}$	pH $\phi$ , pH $e$ - фактична і еталонна концентрація іонів водню, г-ІОН/л
	3	Коефіцієнт кислотності	$\eta_k = \frac{K_e}{K_\phi}$	$K_e, K_\phi$ - еталонна і фактична кислотності, мг КОН/г
	4	Коефіцієнт світлопроникності	$\eta_{СП} = \frac{СП_e}{СП_\phi}$	СП $e$ , СП $\phi$ - еталонна і фактична світлопроникність
	5	Коефіцієнт наявності заліза в оливі	$\eta_{F_e} = \frac{F_{e_e}}{F_{e_\phi}}$	$F_{e_e}, F_{e_\phi}$ - еталонна і фактична наявність заліза в оливі, %
	6	Коефіцієнт забруднення нерозчинним осадом	$\eta_x = \frac{X_e}{X_\phi}$	$X_e, X_\phi$ - еталонна і фактична наявність нерозчинного осаду в оливі, %
2	1	Коефіцієнт витрата оливи на угар	$\eta_y = \frac{y_\phi}{y_e}$	$y_e, y_\phi$ - еталонна і фактична витрата оливи на угар, %
	2	Коефіцієнт довговічності	$\eta_y = \frac{\tau_e}{\tau_\phi}$	$\tau_e, \tau_\phi$ - еталонний і фактичний строк служби оливи, год



Узагальнений коефіцієнт якості оливи змінюється сторону зменшення від величини, яка дорівнює 1,0 до її бракувального значення і знаходиться за формулою:

$$\Theta = \frac{\sum \Pi_i \cdot n_i}{n_i}, \quad (3)$$

де  $\Pi_i$  – величина  $i$ -го коефіцієнта;  
 $n_i$  – кількість  $i$ -х коефіцієнтів.

Група 1 об'єднує показники якості оливи, які безпосередньо впливають на знос поверхонь тертя деталей двигуна.

Група 2 – показники, які опосередковано характеризують процес старіння оливи.

Для знаходження показника періодичності оливи використовують теорію приведених показників, де закон приведення виражається формулою:

$$\Pi = \frac{\Phi}{\gamma}, \quad (4)$$

де  $\Pi$  – приведений показник;  
 $\Phi$  – фактичний показник;  
 $\gamma$  – питомий показник.

На підставі цього основним показником, який служить для визначення тривалості роботи оливи, може бути тривалість роботи, яка приведена до режиму номінального навантаження двигуна. Цим показником є приведений час, який виражений відношенням:

$$T_{пр} = \frac{Q}{G_{Tmax}}, \quad (5)$$

де  $Q$  - загальна витрата пального, кг;  
 $G_{Tmax}$  - максимальна витрата пального, кг/год.

По мірі старіння оливи відбувається зміна коефіцієнтів і спостерігається їх прагнення до нуля. Причому ці зміни відбуваються в перші години роботи, а в наступний період швидкість зниження відбувається більш плавно по кривій, прагне до мінімального значення і має експоненціальний вигляд. Характерно, що чим ближче значення коефіцієнтів до одиниці, тим краща олива, тим більший її функціональних властивостей і тим довше воно може використовуватись в роботі. Чим ближче значення показників до нуля, тим гірша олива, тим швидше вона піддаватиметься заміні і вибракуванню. При визначенні коефіцієнтів якості необхідно звернути



увагу на зміну коефіцієнта лужності і коефіцієнта забрудненості оливи механічними домішками. Ці коефіцієнти в процесі старіння оливи раніше, ніж інші, приближаються до бракувальних. І вони є основними для підготовки оливи до її заміни. Заміну оливи необхідно здійснювати при досягненні показниками певних рекомендованих значень.

Найбільш оптимальним відхиленням в'язкості для оливи, які працюють в двигунах, є відхилення її на 20-25%, Граничне значення відхилення допускається до 25 - 30%, що відповідає зміні в'язкості на 2-3 мм<sup>2</sup>/с. За нормами експлуатації на суднові й тепловозні двигуни мінімальне значення температури спалаху оливи у відкритому тиглі дорівнює 160-170<sup>0</sup> С. Така ж вимога поширюється на оливи, що працюють на тракторних і комбайнових двигунах.

Величина кислотного числа для свіжих масел (без присадок) зазвичай не перевищує - 0,15-0,20 мг КОН / г, але при роботі двигуна швидко зростає, досягаючи значень 2,0-2,5 мг КОН / г. Оливи з кислотністю до 2,0 мг КОН / г при відсутності води мають незначну корозійну дію в двигунах з сталевими підшипниками, але в двигунах з свинцевистими підшипниковими сплавами кислотність оливи, яка дорівнює 0,5-0,6 мг КОН / г, є вже неприпустимою.

Мінімальний рівень лужності оливи в картері, який забезпечує нейтралізацію кислих продуктів згоряння сірнистого пального, не повинен бути нижче чисельного значення вмісту сірки в пальному (у відсотках). Концентрацію водневих іонів прийнято характеризувати величиною водневого показника рН. Для нейтрального середовища рН = 7,0, для кислого - рН < 7,0, для лужного рН > 7,0. Витрата присадки контролюється по зниженню рН. Для двигунів, працюючих на пальному з вмістом сірки до 1%, нижня межа рН допускається до 5 г - іон/л. В якості бракувального показника для зміни оливи рекомендується коксованість по Конрадсону, яка для оливи без присадок і карбюраторних двигунів дорівнює 2,0%, для дизелів - 3,0%, для оливи з присадками для дизелів - 4,0%.

Вміст нерозчинних в бензині домішок визначається методом центрифугування, виявляється в 2-4 рази більше, ніж при визначенні механічних домішок в оливі і, отже, бракувальному норма повинна бути також відповідно збільшена. Нерозчинні в бензині домішки повинні бути не вище 2,5-3,0%. Вміст води в оливі до 0,5% вважається недопустимим.

Диспергуюча здатність оливи визначається методом «п'ятна» і характеризується коефіцієнтом К, тобто відношенням зовнішнього діаметра зони дифузії до внутрішнього. При К > 1,35 спостерігається повна відсутність активної присадки в дизельній оливі. Якщо величина К < 1,35, то дизельна олива тракторів містить граничний рівень механічних домішок і її необхідно замінити.

Витрата оливи на угар на ряді вітчизняних дизелів є декілька завищена і досягає 3,5-4,0% від витрати пального.

Довговічність оливи залежить від умов експлуатації двигуна. Граничне значення часу, до якого дозволяється робота дизельної оливи, може досягати 480 мото-годин і вище.

Для відновлення основних хімотологічних показників відпрацьованих автотракторних олив, нами розроблена установка УВОМ-200, схема гідравлічна функцій на якій наведена на рис.2, а загальний вигляд на рис.3.

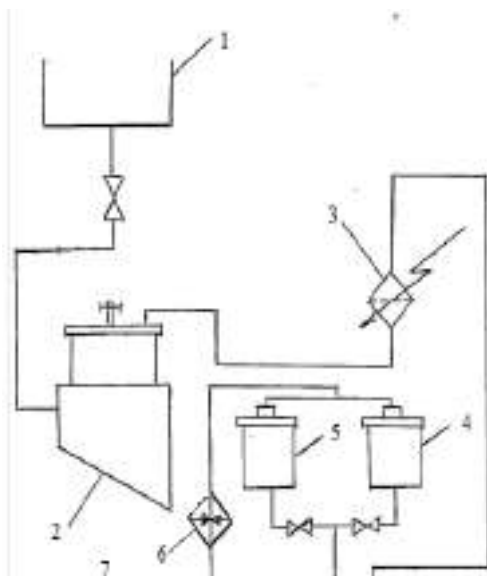


Рисунок 2. Схема гідравлічна функційна установки УВОМ-200



Рисунок 3. Загальний вигляд установки УВОМ-200

1-бак для відпрацьованої оливи; 2-очищувач гравітаційний ОГ-2; 3-фільтр електромагнітний; 4,5-фільтр-адсорбер; 6-випарник легкокиплячих фракцій; 7-бак для відновленої оливи.

Особливість установки полягає в універсальності кожного розробленого апарата для очищення відпрацьованих олив від механічних домішок, води та паливних фракцій. Принцип роботи установки УВОМ-200 полягає в послідовному проходженні відпрацьованої оливи через очищувач гравітаційний ОГ-2 (2), фільтр електромагнітний (3), фільтр-адсорбер (4,5), випарник легкокиплячих фракцій (6), де відбувається його очищення від механічних домішок, паливних фракцій та води.

Очищувач гравітаційний ОГ-2 працює наступним чином: через вхідний патрубок відпрацьована олива примусово або



самопливом потрапляє в центральну трубу, через отвори якої забруднена олива попадає на робочі пластини, ламінарний режим течії рідини і встановлена товщина оливного шару забезпечують осадження частинок понад 30 мкм і більше. Далі рідина накопичується в міжстінному просторі, рівень її зростає і вона піднімається в колектор і через вихідний патрубок надходить на інші елементи блоку очищення. Через кожні 100 літрів рідини, що очищається необхідно регенерувати сам очисник. Для цього необхідно повернути ручку, що знаходиться у верхній частині очищувача на один оборот. В цьому випадку приводиться в рух механізм регенерації і чистики, що знаходяться на робочих пластинках, скидають домішки з робочих поверхонь в накопичувальний бак, з якого через вивантажувальне вікно вони витягуються з очищувача.

В процесі проходження оливи через фільтр електромагнітний відбувається його очищення від феромагнітних частинок, за рахунок створення в електромагнітній системі "котушка-дріб-корпус" значного електромагнітного поля, а саме в місцях контакту сталевих дробинок. При цьому феромагнітні частинки затримуються повністю, а немагнітні частково.

Процес очищення в перколяційних фільтрах-адсорберах полягає в проходженні забрудненої оливи через шар адсорбенту. При цьому відбувається відділення частинок твердо-дисперсної фази, частинок води, органічних сполук сажистого характеру. В якості адсорбенту використовують модифікований кремнезем - один із найважливіших і найпоширеніших мінералів кремнію.

Крім того під терміном кремнезем часто розуміють будь-яку поліморфну модифікацію діоксиду кремнію. Діоксид силіцію зустрічається в природі головним чином у вигляді мінералу кварцу.

Це дуже тверда речовина з температурою плавлення 1728°C. Звичайний пісок складається з дрібненьких кристалітів кремнезему білого кольору.

Робота випарника легкокиплячих фракцій полягає в наступному: попередньо підігріта олива через вхідний патрубок по розподільній трубці розподіляється рівномірно по всій поверхні розігрітого циліндра і утворює плівку рідини не більше 2 мм. За рахунок високої температури іде процес випарювання легких фракцій пального і води, а створюване розрідження інтенсифікує



цей процес. Також створюване розрідження дозволяє запобігти процесу окислення оливи.

Однак існуюча конструкція установки не дозволяє повністю вирішити задачу тонкого очищення моторних оливи з метою подальшого їх використання в тракторних двигунах. Тому в подальшій роботі був використаний мобільний модуль для відновлення відпрацьованих моторних оливи при технічному сервісі сільськогосподарської техніки. Структурна схема технологічного процесу наведена на рис. 4, а загальний вигляд мобільного модуля на рис. 5.



Рисунок 4. Структурна схема мобільного модуля для відновлення відпрацьованих моторних оливи



Рисунок 5. Загальний вигляд мобільного модуля для відновлення відпрацьованих моторних оливи

Технологічна схема являє собою наявність чотирьох блоків: перший блок (БДФ) призначений для видалення частинок твердодисперсної фази за допомогою силових полів і масообмінних процесів. Даний блок дає можливість очищувати оливу до 17 класу чистоти згідно ГОСТ 17216-2001. Другий блок (БДВ) призначений для видалення води і легкокиплячих фракцій пального. При цьому наявність води повинна складати-сліди ГОСТ 2477-65, температура спалаху в відкритому тиглі по ГОСТ 4333-87 повинна бути не нижче 200 °С. Густина по ГОСТ 3900-85 не вище 0,90 г/см<sup>3</sup>. Третій блок (БХЛ) повинен забезпечувати



дозування очищеної і товарної оливи (50:50), а також дозволяти проводити компанування рідин в полі ультразвукових коливань, при цьому кінематична в'язкість згідно ГОСТ 33-2003 повинна відповідати до рівня 10 мм<sup>2</sup>/с, лужне число згідно ГОСТ 11362-96 (ИСО 6619-88) не нижче 3,5-6 мг КОН/г (в залежності від змащувального матеріалу). Четвертий блок (БСО) призначений для тонкого очищення оливи, при цьому такий показник, як масова доля механічних домішок по ГОСТ 6370-83 (СТ СЭВ 2876-81) повинен складати 0,015%. Мобільний модуль являє собою комплекс апаратів, який дає змогу використовувати їх окремо.

Результати відновлення основних хімотологічних показників моторних оливи установкою УВОМ-200 і мобільним модулем наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

## Основні хімотологічні показники моторних оливи

Показники	Моторні оливи			
	Товарне М-10Г2	Відпрацьована	Очищена УВОМ-200	Відновлена мобільним модулем
Вміст води	0,2	0,24	Сліди	0,1
Вміст механічних домішок, %	0,027(зола-0,29, Fe-0,006 Ва-0,52)	0,91(зола-0,17, Fe-0,02 Ва-0,42)	0,006(зола-0,5, Fe-0,002 Ва-0,3)	0,015(зола-0,4, Fe-0,004 Ва-0,41)
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	196	193	197	196
В'язкість кінематична при 100 <sup>0</sup> С, сСт	9,8	8,42	8,76	9,10
Водневий показник	10,8	6,14	6,2	11,1
Лужне число, мг КОН/г	5,88	5,26	5,44	5,80
Густина, г/см <sup>3</sup>	0,900	0,890	0,892	0,900

**Висновки.** 1. В результаті відновлення відпрацьованих автотракторних оливи установкою УВОМ-200, основні хімотологічні показники відповідали наступним значенням: вода та паливні фракції - відсутні, а забрудненість механічними домішками зменшилась з 0,91 % до 0,06 %, що відповідає 17 класу



чистоти згідно з ГОСТ 17216-2001. Строк служби відновленої оливи склав 80% по відношенню до товарної.

2. Після очищення відпрацьованої моторної оливи мобільним модулем, основні хімотологічні показники були відновлені на 90% в порівнянні з товарною оливою М-10Г<sub>2</sub> згідно ГОСТ 17479.1-85.

#### Список використаних джерел

1. Мороз Н. Н. Структурный анализ надежности зерноуборочного комбайна. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. Кіровоград, 2006. Вип. 36. С. 94-100.

2. Diagnostics of Engine oil of Internal Combustion Engine by Electrophysical Method of Control / A. G. Vozmilov et al. *Proceedings - 2018 Global Smart Industry Conference*. GloSIC3. 2018. 8570137.

3. 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.

4. Ishizaki K., Nakano M. Reduction of CO<sub>2</sub> emissions and cost analysis of ultra-low viscosity engine oil. *Lubricants*. 2018. Vol. 6, № 4. 102. DOI: 10.3390/lubricants6040102.

5. 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.

6. Ostrikov V. V., Vigdorovich V. I., Safonov V. V., Kartoshkin A. P. Development of a Technological Process and Composition of Flushing Oil for Diesel Engines. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. 2018. Vol. 54, № 1. P. 24-28.

7. Журавель Д. П. Влияние процессов старения и загрязнения моторных масел на изнашивание основных узлов тракторных двигателей. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції*. Мелітополь, 2020. С. 333-338.

8. Журавель Д. П. Забезпечення надійності гідросистем сільськогосподарської техніки шляхом очищення робочих рідин. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*. Мелітополь, 2020. Вип. 10, т. 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-2-3.



9. Журавель Д. П. Количественные и качественные изменения показателей моторных масел в процессе их использования. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції. Мелітополь, 2020. С. 322-327.*

10. Журавель Д. П. Безмоторні методи оцінки якості моторних олив енергетичних засобів. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції. Мелітополь, 2020. С. 504-510.*

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. Wolak A., Zając 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. DOI: 10.1016/j.measurement.2017.08.037.

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

16. Alie A., Darwito P. A. Improve of engine oil lifetime by using additional filter A case study at PT Vale Indonesia TBK. *AIP Conference Proceedings*. 2019. 2088. 020004. DOI: 10.1063/1.5095256.

17. Wolak A. Changes in Lubricant Properties of Used Synthetic Oils Based on the Total Acid Number. *Measurement and Control*. 2018. Vol. 51, № 1. P. 65-72. DOI: 10.1177/0020294018770916.

18. A review of the performance and emission characteristics of a stationary diesel engine fueled by schleicheraoleosa oil methyl ester



(Some), blends of neem biodiesel, Rice bran biodiesel, palm and palm Kernel oil, Jatropha oil / A. P. Senthil Kumar et al. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*. 2019. Vol. 9 (Special Issue 2). P. 857-861.

19. 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.

20. 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. DOI: 10.1080/17515831.2018.1558026.

21. Reddy M. S., Sharma N., Agarwal A. K. Effect of straight vegetable oil blends and biodiesel blends on wear of mechanical fuel injection equipment of a constant speed diesel engine. *Renewable Energy*. 2016. Vol. 99. P. 1008-1018. DOI: 10.1016/j.renene.2016.07.072.

Стаття надійшла до редакції 15.02.2021р.

**D. Zhuravel, A. Bondar**

**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **HYDRAULIC SYSTEM RELIABILITY AGRICULTURAL MACHINERY BY CLEANING WORKING LIQUIDS**

### *Summary*

The work substantiates the methodology and equipment for cleaning working fluids with the aim of extending their service life and further ensuring the operational reliability of hydraulic systems of agricultural machinery. Oil contamination can lead to: deterioration of hydraulic equipment and reduced efficiency; accelerating the process of oxidation of oil; to oil decomposition, emulsification, rust and corrosion; deformation of the pump and the rod of the hydraulic cylinder; failure of valves; development, wear of seats of spools, their jamming; failure of hydraulic motors and hydraulic pumps; wear, jamming of plunger pairs, rocking nodes; failure of the hydraulic distributor; increased wear of seals of hydraulic cylinders, hydraulic motors, hydraulic pumps, etc.; hydraulic system overheating. Therefore, to extend the life of the oils and machinery mechanisms, it is necessary to carry out their planned replacement or cleaning with the help of special filtering equipment. Mathematical models of the reliability of the system for cleaning used hydraulic oils have been developed and investigated. The probabilities of the states that underlie the definition of complex indicators of the reliability of the hydraulic system of agricultural machinery are obtained. In general, the reliability of the entire hydraulic system depends on the reliability of all its elements, as well as on the quality indicators of the working fluids. The main existing methods of purification of chemical-chemical





indicators of working fluids are substantiated. The technical characteristic of the installation for cleaning used hydraulic oils and its operation principle are given.

**Key words:** cleaning system, system reliability, spent hydraulic oil, filtration, state graph, failure rate and probability, recovery rate, resource.

**Д.П. Журавель, А.Н. Бондарь**  
**Таврический государственный агротехнологический университет имени**  
**Дмитрия Моторного**

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОСИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПУТЕМ ОЧИСТКИ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ**

#### ***Аннотация***

В работе обоснована методика и оборудование для очистки рабочих жидкостей с целью продления срока их службы и дальнейшего обеспечением эксплуатационной надежности гидравлических систем сельскохозяйственной техники. Разработаны и исследованы математические модели надежности системы очистки отработанных гидравлических масел. Получены вероятности состояний, которые положены в основу определения комплексных показателей надежности гидравлической системы сельскохозяйственной техники. В целом надежность всей гидравлической системы зависит от надежности всех ее элементов, а также от качественных показателей рабочих жидкостей. Приведена техническая характеристика установки для очистки отработанных гидравлических масел и ее принцип действия.

**Ключевые слова:** система очистки, надежность системы, отработанное гидравлическое масло, фильтрация, граф состояний, интенсивность и вероятность отказа, интенсивность восстановления, ресурс.





УДК 636.084.7

В.І. Банга, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-8241-1107

*Львівський національний аграрний університет*

E-mail: vasyibanha@gmail.com, тел: +38(067)-670-39-80

## АВТОМАТИЗОВАНА КОРМОВА СТАНЦІЯ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНО НОРМОВАНОЇ ГОДІВЛІ ДІЙНИХ КОРІВ

**Анотація.** Розроблено автоматизовану кормову станцію з конусно-лопатевим дозувальним робочим органом, яка дає можливість автоматизовано видавати відповідну норму сипких кормів індивідуально кожній тварині залежно від її продуктивності, сприяє підвищенню молочної продуктивності корів і запобігає їх захворюваності на шлункові хвороби, зменшує витрати комбікормів за рахунок рівномірності та точності видачі, зменшує енергоємність процесу дозування комбікормів за рахунок конструкції дозувального робочого органу, підвищує продуктивність праці оператора за рахунок автоматизації процесу індивідуального дозування.

**Ключові слова:** автоматизована кормова станція, продуктивність, дозувальний робочий орган, нормована годівля, сипкий корм, точність дозування.

**Постановка проблеми.** Продуктивність тварин залежить не тільки від якості і повноцінності їх годівлі, але й значною мірою від своєчасної нормованої видачі кормів [8]. Дотримання технології роздавання і дозування кормів тваринам є важливою умовою забезпечення їх генетичного потенціалу [5].

Індивідуально-нормована годівля дійних корів сипкими кормами займає одне з головних місць у технології виробництва молока. Забезпечити її неможливо без впровадження у виробництво автоматизованої системи управління технологічними процесами [10].

Якщо не нормувати раціон годівлі тварин, знижуються їх середньодобові прирости за масою (при недогодівлі), спостерігається ожиріння і непродуктивно використовується корм (при годівлі вволю) [6]. Відомо [4], що дозування інгредієнтів, яке не відповідає точності, знижує кормову цінність комбікорму, а в деяких випадках використання його може призвести до захворювання тварин. Нормування кормів тваринам залежно від їх продуктивності вимагає створення різних дозувальних пристроїв.



Аналіз різних автоматизованих систем, пристроїв і установок для годівлі дійних корів сипкими кормами [3; 4; 7; 9; 11- 14] показав, що при застосуванні таких систем скорочуються витрати ручної праці на привід дозувальних пристроїв, виключається безпосередня участь оператора в дозуванні корму, збільшується точність дозування кормів, а робота оператора обмежується видачею команд і контролем їх виконання. Основною вимогою, що ставляться до автоматизованих кормових станцій для годівлі дійних корів сипкими кормами є забезпечення відповідної продуктивності і точності дозування та вибір оптимальних параметрів і режимів її роботи.

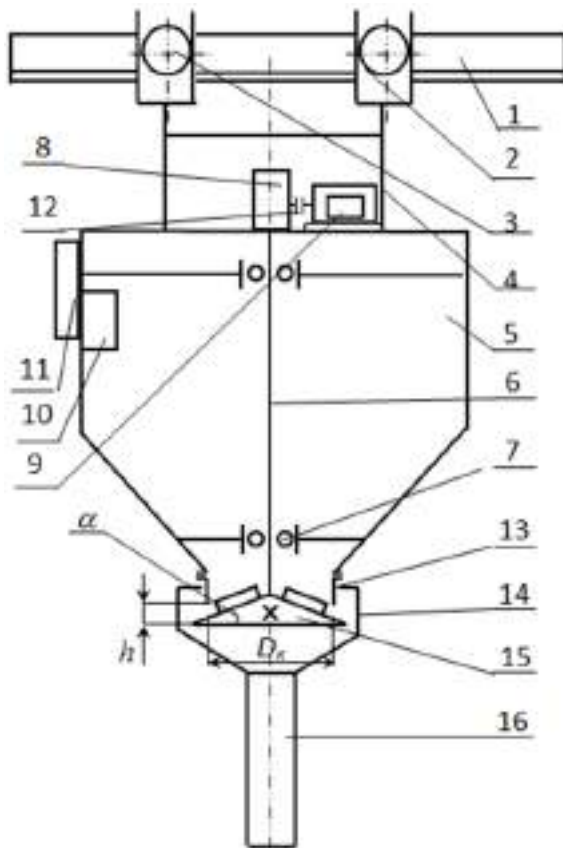
*Аналіз останніх досліджень.* У Львівському національному аграрному університеті розроблена автоматизована кормова станція, яка передбачена для роботи в автоматизованій системі управління технологічним процесом виробництва молока (АСУ ТП) та для індивідуально нормованої годівлі дійних корів сипкими кормами з дозувальним робочим органом конусно-лопатевого типу і може бути використана в режимі безперервної і дискретної норми видачі, як при прив'язній технології утримання так і безприв'язній. Особливістю якої є наявність засобів для управління процесом роздавання і дозування сипких кормів реєстрації та передачі даних, відображення і зберігання інформації. Схему і загальний вигляд автоматизованої кормової станції наведено на рис. 1, а загальний вигляд дозувального робочого органу на рис. 2.

*Формулювання мети статті.* Метою дослідження є розробка автоматизованої кормової станції для індивідуально нормованої годівлі дійних корів сипкими кормами в залежності від їх продуктивності.

*Основна частина.* На рис. 1 наведена автоматизована кормова станція з конусно-лопатевим дозувальним робочим органом, яка складається з бункера 5, що закріплений до підвісної рами 4.

У верхній частині станції на рамі 4 встановлений електродвигун постійного струму 8, на привід конусного-лопатевого робочого органу, на якому розміщено вимірювач частоти обертання 9 на базі операційного підсилювача типу К140 УД 701. Для управління процесом роздавання і дозування сипких кормів розроблений мікропроцесорний блок 10. Живлення мікропроцесорного блоку 10 здійснюється блоком живлення 11 [2].

Автоматизована кормова станція за необхідності може здійснювати прямолінійний зворотно-поступальний рух по нерухомій балці 1 за допомогою кареток 2, які приводяться в дію від електродвигуна 3.



а)

б)

1 – нерухома балка; 2 – рухомі каретки; 3 – електродвигун приводу кареток; 4 – рама; 5 – бункер кормової станції; 6 – привідний вал; 7 – підшипники; 8 – електродвигун з редуктором приводу робочого органу; 9 – вимірювач частоти обертання; 10 – мікропроцесорний блок управління; 11 – блок живлення; 12 – муфта; 13 – насадка випускної горловини бункера; 14 – захисний кожух; 15 – конусно-лопатевий робочий орган; 16 – направляч потоку.

Рисунок 1. Схема (а) і загальний вигляд (б) автоматизованої кормової станції

У верхній частині станції на рамі 4 встановлений електродвигун постійного струму 8, на привод конусного-лопатєвого робочого органу, на якому розміщено вимірювач частоти обертання 9 на базі операційного підсилювача типу К140 УД 701. Для управління процесом роздавання і дозування сипких кормів розроблений мікропроцесорний блок 10. Живлення мікропроцесорного блоку 10 здійснюється блоком живлення 11 [2].

Автоматизована кормова станція за необхідності може здійснювати прямолінійний зворотно-поступальний рух по нерухомій балці 1 за допомогою кареток 2, які приводяться в дію від електродвигуна 3.

При нерухомому дозувальному робочому органі 15 витікання

через кільцевий зазор  $h$  між насадкою випускної горловини бункера 13 і дозувальним конусом 15 не відбувається, тому що кут твірної конуса  $\alpha$  при його основі менший за кут тертя корму по поверхні конуса, а діаметр основи конуса сипкого корму  $D_{кл}$ , що зумовлюється кутом внутрішнього тертя, не виходить за межі основи дозувального робочого органу 15. Обертання дозувального робочого органу 15 призводить до зсувів між шарами сипкого корму в зоні зазору  $h$ , що забезпечує його дозування.

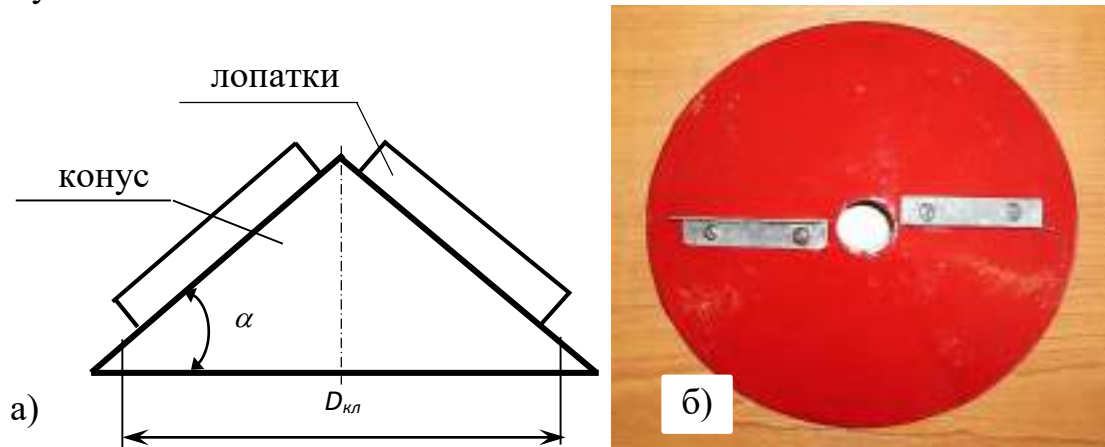


Рисунок 2. Схема (а), загальний вигляд (б) конусно-лопаткового робочого дозувального органу з кутом твірної конуса  $\alpha = 20^\circ$  при його основі з діаметром  $D_{кл} = 0,2$  м та кількістю лопаток  $Z = 2$  шт

Структурна схема функціонування автоматизованої кормової станції наведено на рис. 3.



Рисунок 3. Структурна схема функціонування автоматизованої кормової станції



Живлення функціональних елементів здійснювалося від блоку живлення з номіналами стабілізованих напруг  $\pm 50\text{В}$ ,  $\pm 12\text{В}$ ,  $+5\text{В}$ . При реалізації системи розроблено низку оригінальних інтерфейсів узгодження модульного типу, які функціонально узгоджуються зі системними шинами персональних ЕОМ класу від «Pentium G 850» до «Core I3 - 8100» [1]. Забезпечено гнучку систему адресного поля як інтерфейсу, так і розподілу оперативної пам'яті за функціональним призначенням.

Обмін даними між кормовою станцією та ЕОМ відбувається в послідовному коді, який формується програмно, а в кормовій станції – програмно-апаратно. Системні шини АСУ ТП і центральної ЕОМ гальванічно розв'язані.

Оснoву інтерфейсу узгодження модульного типу складає програмований трьох каналний інтерфейс вводу-виводу типу КР580 ВВ 55. Для буферизації даних та узгодження з іншими лініями використовуються шинні формувачі. Для керування роботою інтерфейсу розроблені дешифратор вибору адреси, сформований на логічних елементах і побудований таким чином, щоб адреса вибору інтерфейсу відповідав карті розподілу вводу-виводу ЕОМ стандарту ІВМ РС. Кожний конкретний адреса на системній адресній шині ЕОМ відповідає конкретному функціональному призначенню [1].

*Висновки.* Наведена вище автоматизована кормова станція з конусно-лопатевим дозувальним робочим органом дає можливість автоматизовано видавати відповідну норму сипких кормів індивідуально кожній тварині залежно від її продуктивності, сприяє підвищенню молочної продуктивності корів і запобігає їх захворюваності на шлункові хвороби, зменшує витрати кормів за рахунок рівномірності та точності видачі, зменшує енергоємність процесу дозування сипких кормів за рахунок конструкції дозувального робочого органу, підвищує продуктивність праці оператора за рахунок автоматизації процесу індивідуального дозування.

#### Список використаних джерел

1. Банга В. І. Апаратно-програмне забезпечення автоматизованого мобільного індивідуального роздавача-дозатора комбікормів. *Проблеми надійності машин: зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. ...*. Харків. 2019. С. 26-27.

2. Банга В. І., Дмитрів В. Т., Банга Ю. В. Стенд для експериментальних досліджень робочих органів індивідуального роздавача-дозатора комбікормів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК*. Київ, 2015. Вип. 212/2. С. 76-81.

3. Бойко І. Г., Нанка О. В., Семенцов В. В. Розробка





енергозберігаючої конструкції дозатора сипучих кормів. *Науковий вісник Таврійського державного аграрного університету*. 2011. Вип. 1, т. 3. С. 61-66.

4. Семенцов В. В., Бойко І. Г. Розробка енергозберігаючої конструкції гравітаційного дозатора сипучих кормів. *Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2013. Vol. 15, № 7. P. 10-13.

5. Семенцов В. В., Бойко І. Г. Результаты экспериментальных исследований по определению оптимальных параметров гравитационного дозатора. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Сер. Технічні системи і технології тваринництва*. 2015. № 157. С. 67-73.

6. Семенцов В. В., Бойко І. Г. Экспериментальная установка і методика дослідження процесу дозування концентрованих кормів гравітаційним дозатором. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Сер. Технічні системи і технології тваринництва*. 2014. № 144. С. 7-11.

7. Фролов Н. В., Мальцев В. С. Результаты экспериментальных исследований дозатора-смесителя концентрированных кормов. *Вестник Ульяновской ГСХА*. 2011. № 2. С. 119-123.

8. Vanha V. Experimental investigations of operating devices of an individual meter of mixed fodder. *TEKA. A Quarterly Journal of Agrifood Industry*. 2019. Vol. 19, № 10. P. 25-36.

9. Parameter optimization of dosator for technique culturs on the quantity intervals, close by to calculation / V. Blodedov et al. *TEKA. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2013. Vol. 13, № 4. P. 18-24.

10. State and Perspectives of Milk Production in the Republic of Belarus in Comparison with the Condition of the Polish Dairy / E. M. Bodrova et al. *TEKA. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol. 15, № 1. P. 3-8.

11. Pirkelmann H. Kraftfutterfütterung an Milchwein mit 22. *Abrufautomaten*. 1978. № 31, 11. P. 16-19.

12. Scholtysik B. Untersuchungen an einem Zellenraddosierer mit digitaler Sollwerteingabe. *Grundlagen der Landtechnik*. 1978. № 28, 5. P. 201-204.

13. Sosnowski Z., Maslanka J. Dozowniki do pasz sypkich. *Mechanizacja Rolnictwa*. 1978. № 27, 19. P. 21-24.

14. Billon P. Mecanisationet cotrole de la distribution du concentre pour les vaches laitieres. *Genie rural*. 2004. № 68, 11. P. 409-414.

Стаття надійшла до редакції 8.04.2021р.





**V. Banha**  
**Lviv National Agrarian University**

## **AUTOMATED FEEDING STATION FOR INDIVIDUALLY RATED FEEDING OF MILK COWS**

### *Summary*

An automated feed station has been developed, which is designed to operate in an automated control system for the milk production process and for individually normalized feeding of dairy cows in bulk feed with a cone-blade dosing working body and can be used in continuous and discrete mode of delivery. free housing technology and loose. A feature of which is the availability of tools to control the process of distribution and dosing of bulk feed registration and transmission of data, display and storage of information.

Automated feed station allows you to automatically issue the appropriate rate of bulk feed to each animal depending on its productivity, increases milk productivity of cows and prevents their incidence of gastric diseases, reduces feed costs due to uniformity and accuracy of delivery, reduces energy consumption due to dosing process dosing working body, increases the productivity of the operator by automating the process of individual dosing. The power supply of functional elements is carried out from the power supply unit with nominal values of stabilized voltages  $\pm 50V$ ,  $\pm 12V$ ,  $+ 5V$ . During the implementation of the system, a number of original modular type interfaces were developed, which are functionally coordinated with the system buses of personal computers of the class from «Pentium G 850» to «Core I3 – 8100». A flexible address field system is provided for both the interface and the allocation of RAM by functional purpose. The exchange of data between the automated feed station and the computer takes place in the last code, which is generated by software, and in the feed station - software and hardware. The system buses of the ACS TP and the central computer are galvanically isolated

**Key words:** automated feed station, productivity, dosing working body, normalized feeding, loose feed, dosing accuracy.

**В.И. Банга**

**Львовский национальный аграрный университет**  
**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КОРМОВАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ**  
**ИНДИВИДУАЛЬНО НОРМИРОВАННОГО КОРМЛЕНИЯ ДОЙНЫХ**  
**КОРОВ**

### *Аннотация*

Разработана автоматизированная кормовая станция с конусно-лопастным дозировочным рабочим органом, которая дает возможность автоматически выдавать соответствующую норму сыпучих кормов индивидуально каждому животному в зависимости от его производительности, способствует повышению молочной продуктивности коров и предотвращает заболевание желудочными болезнями, уменьшает затраты сыпучих кормов за счет равномерности и точности выдачи, уменьшает энергоемкость процесса дозирования сыпучих кормов за счет конструкции дозирования рабочего органа, повышает производительность труда оператора за счет автоматизации процесса индивидуального дозирования.

**Ключевые слова:** автоматизированная кормовая станция, производительность, дозировочный рабочий орган, нормированное кормление, сыпучий корм, точность дозирования.



DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-8

УДК 631.6.02:631.51

N. Boltianska, c.t.s.

ORCID: 0000-0002-7887-4715

A. Komar, eng.

ORCID: 0000-0001-7037-8402

I. Manita, s. teacher

ORCID: 0000-0002-5359-7563

*Dmytro Motorny Tavria state agrotechnological university*

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

## THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE UDDER OF COWS ON SUITABILITY FOR MACHINE MILKING

**Summary.** The results of these studies allow to speak about the possibility of obtaining significant technological and economic effects by conducting breeding work aimed at developing a herd suitable for machine milking on udder morphology. The use of modern systems of automation of the process much easier and allows you to more efficiently perform the selection of animals.

In the study, it was found that the number of animals having udder with underdeveloped lobes, at the time of emptying is much larger than the number of animals with visually unevenly developed mammary gland and is recorded at 47.7%. While there are various combinations of immature shares. Of the total number of unequally developed lobes of the udder right front accounting for 27.2%; the left front – 34%; the left rear – 22,4%; right back to 16.4%.

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

**Formulation of the problem.** The process of technical re-equipment of animal husbandry today acquires a completely new meaning. In recent years, there has been a fairly clear trend in the transition from the creation of technology to ensure existing technologies to the creation of new technological solutions based on fundamentally new machines and equipment. Significant reserves lie in the formation of an integrated approach that takes into account all the nuances and subtleties of mechanized technology. It is extremely important here to provide technological methods aimed at stimulating delicate natural biological processes, which are permeated with thin threads of interconnections of the elements of the triune system: «man-machine-animal». Any little thing here can become a factor determining the final effect of a long and multifaceted process [1,2].



Modern information technologies allow implementing production management taking into account human psychology, ergonomics, physiology and ethology of animals, features and capabilities of technology. It is necessary to provide technological methods aimed at stimulating natural biological processes, implemented by a peculiar catalytic mechanism, which involves a subtle, signaling effect on a complex deterministic system [3].

At the present stage of development of animal husbandry, among a large number of industries, dairy cattle breeding takes a leading place in ensuring food security in Ukraine. Milk, as an exceptionally valuable food product, is of key importance in human nutrition, as it contains the whole spectrum of nutrients, including essential ones, necessary for a person to live [1,4-6].

Despite the positive trends that have emerged in solving the problem of obtaining milk in herds remains a significant number of cows on the parameters of mammary gland development are not fully usable in a modern technological environment. The unsuitability of cows to machine milking results in low efficiency in the use of milking machines, leading to losses of 1,8–2,3 kg milk per cow per milking. The necessity of studying the problem of adaptation of an organism in industrial dairy cattle is mainly associated with new and largely unusual conditions of keeping and feeding animals. Change and transformation of historically developed techniques and practices of the livestock industry. Under the influence of a number of factors, the physiological status of animals can change, diseases can occur, since the body can not always adapt to certain environmental factors that can arbitrarily change without taking into account the characteristics of their body. And, first and foremost, this applies to machine milking of different technical systems [7–11].

*Analysis of recent research.* The leading domestic scientists Adamchuk V.V., Fenenko A.I., Zhukorsky A.N., Kostenko V.I., Kartashov L.P., Ushakov Yu.A., Kolpakov A.V., Korolev A.S., Vasilevsky G.P. are engaged in the creation of specialized dairy complexes for the production of milk, for the stable supply of dairy products to the population, where the technology of its production, machinery and equipment would correspond to the modern European level and ensure the production of high-quality milk. However, the technological suitability of cows for machine milking remains insufficiently studied and is relevant at the present stage of development of cattle breeding in Ukraine [12–16].

*Formulation of the goals of the article.* To determine the influence of technological features of udder development of cows on their suitability for machine milking and on milking efficiency.

*Main part.* Researches on studying of influence of technological parameters of development of the udder in cows when milking by hand and using milking machines showed unevenness of its functional development.



This is what caused the formation of different amounts of milk and the intensity of milk excretion in its shares and the so-called «idle milking». It often serves as a factor reducing the productivity of dairy cows, reducing their lifetime, the occurrence of mastitis and premature culling, reduced efficiency of selection-breeding work in herds and causes significant economic damage to farmers [17,18].

In dairy cattle breeding one of the main technological parameters of cows is suitable for machine milking, which is determined by the following factors: the size and shape of the udder; the simultaneity of a share milking udder; development of udder glandular tissue; the size and shape of the nipples; the rate of excretion in milk [19].

Therefore, carrying out deep and comprehensive research on the functioning of the mammary gland and its separate share of a cow takes on a special scientific and practical importance in the improvement of their technological parameters (duration of milking, the udder and capacity of the particles, the intensity of excretion of milk, the duration of idle milking, duration of milking machine full and his volumes, complete milking machine, the index of symmetry) to created new and improving existing high-yielding dairy herds and the understanding of the problems of the theory of lactation. This will contribute to the development of theoretical foundations and the improvement of automated milking installations and practical approaches to milking cows, increasing the efficiency of milk production and selection and breeding in dairy cattle breeding.

The classification for assessing the condition of the nipples of the udder of highly productive cows when they are selected for machine milking is carried out as follows: category I (not suitable) – nipple diameter less than 18 mm, their length less than 60 mm; Category II (suitable) – the diameter and length of the nipples of the udder are in the range of 18-36 mm and 60-80 mm, respectively; Category III (not suitable) – nipple diameter of more than 36 mm, length – more than 80 mm. The interpretation of the data obtained is carried out according to Table. 1.

Table 1

Assessment of the suitability of highly productive cows for milking by the condition of the nipples of the udder.

Category	Dimensions of the nipples of the cow's udder, mm		Suitability of cows for milking
	nipple diameter	nipple length	
I	<18	<60	Not suitable
II	18–36	60–80	Suitable
III	>36	>80	Not suitable

The suitability of cows for milking is determined by the uniform development of the shares of the udder and the amount of milk received from

them. A quantitative indicator of the uniformity of development of the udder shares is the udder index. This is an objective indicator of the development and functional state of the udder lobes, which is important for reducing the duration of idle milking and maintaining the health of the animal during machine milking. The udder index is determined as a percentage and is equal to the ratio of milk yield from the front lobes to the total milk yield multiplied by 100 [20,21].

The optimal udder index corresponds to 45-50%. But animals that are kept in dairy complexes have an index below or above this indicator. In Fig. 1 shows the results of a change in the udder index of 133 first-born cows of the Ukrainian black-pocked dairy breed.

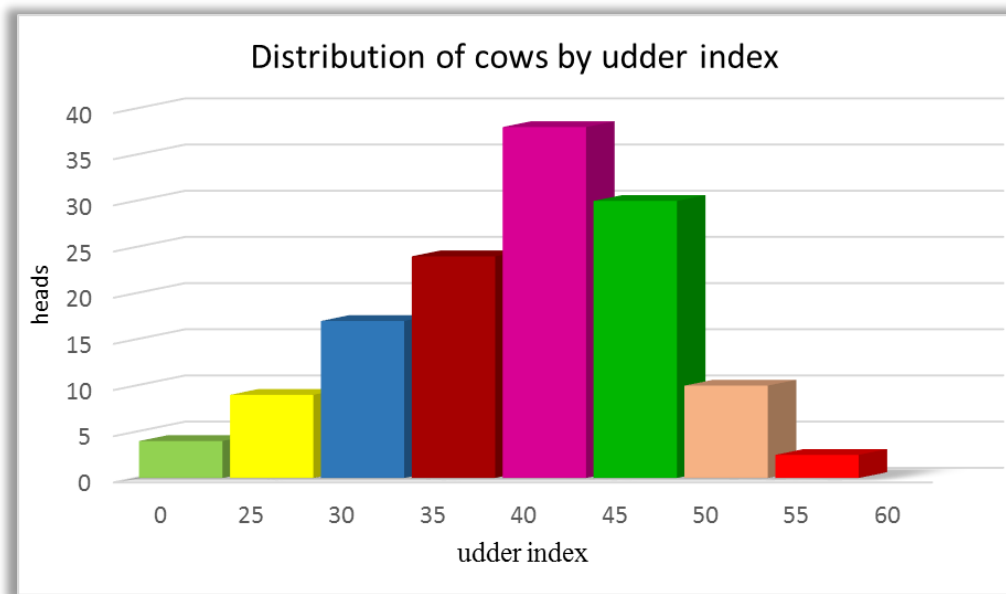


Fig. 1 The distribution of the number of cows for udder index

From the above chart it is evident that the index of the udder varies widely, with the greatest number of animals, the udder index corresponds to 40-45% and only 30 animals is in the range of 45-50%.

In cows with udder index is less than this range, sufficiently developed posterior lobe of the udder, and the udder index is range - developed front lobe. All cows with udders that are unsuitable for machine milking, because they have a significant disparity in the shares of the udder.

To ensure effective selection of cattle to machine milking in modern dairy complexes experimental the cow is sent to be milked to a milking robot where, in the process of milking, total milk yield and milk yield of the front lobes of the udder is fixed automatically. In the next step calculate the index of the udder.

The interpretation of the obtained data is carried out according to Table. 2. The evaluation of cows whose index of the udder was <45% should be



considered unsuitable for machine milking. Cows assigned to the index of the udder in the range of 45 – 50% is referred to the suitable for machine milking, and if the index of the udder of the cow > 50% – it is considered to be unsuitable for machine milking.

Table 2

## Determining the suitability of cows for industrial use

The udder index,%	The Suitability of cows for machine milking
<45	Not suitable
45-50	Suitable
>50	Not suitable

To assess compliance of cattle to machine milking conducting follow-milking cows total herds using a four-channel float is a pneumatic device that allows you to graphically record the dynamics of the excretion of milk for each share of the udder of the cow and having automatic torque signal its end. Then determine the average value of one-time milk yield, intensity of excretion of milk, the duration of the latent period, the actual and idle milking, with the calculation of the standard deviation. In the next stage, a cow, which is estimated, subjected to the same control milking with the same performance and compare them with the average value the herd. The interpretation of the data obtained is carried out according to Table. 3.

Table 3

The values of the main indicators in determining the conformity of cattle to machine milking

Cow productivity indices	Deviation
Latent milking period, min	0,2
The intensity of milk yield, kg / min	0,4
The size of a single milk yield, kg	0,9
Milking time, min	0,7
Single milking, min	0,2

If the productivity indices of the cow, which is estimated by the latent period of milking, deviate by more than 0.2 min, the intensity of milk yield is more than 0.4 kg / min, the value of a single milk yield is more than 0.9 kg, the duration of milking is longer than 0.7 min, idle milking - 0.2 min from similar average herd cow is considered unsuitable for the applied technology of machine milking.

The construction of new and the modernization of existing dairy farms and complexes is aimed at increasing the productivity of animals and improving the quality of milk produced. Under the current conditions, the most important factor is machine milking of cows, which is of great importance for maintaining the health of animals throughout the entire period





of economic use. At the same time, milking machine parameters significantly affect milk productivity, milk flow rate and milk quality.

At milking installations located in special milking parlors, automatic control systems with programmable settings for milking process parameters are used. In the absence of automated milking control, the parameters are regulated by the vacuum level, nipple rubber and the pulsator operating mode. At the dairy complex, the cow immediately after calving is milked at the milking unit in the maternity ward, which, as a rule, does not have automatic control, and after being transferred to the production group and continues to be milked at the automated installation. The problem of mismatch of the milking parameters at the milking unit in the maternity ward and at the main milking unit in the milking parlor is very common in the livestock farms of Ukraine and is one of the main causes of mastitis in cows in the first weeks of lactation.

Consequently, the high efficiency of the use of highly productive cows, an increase in their productivity and milk quality can be achieved only if the animals are clearly aligned with machine milking, which provides for the introduction of innovative technological solutions based on the latest animal care technologies and the rational organization of production processes.

On the domestic farms and complexes used quite a large percentage of cows with udder unevenly developed. The main problem of milking cows that quickly vydelenie share for a long time subjected to the "dry milking" which is the main reason for "kroutoi", irritation of udder, mastitis and atrophy nipples. "Dry milking" causes pain, which leads to the formation of conditioned reflexes, inadequate process and hinder the normal hormonal stimulation of galactopoiesis. Cows are for milking reluctantly, in the audience were restive, and sometimes react aggressively to operator action. In practice the uneven development of the lobes is one of the main reasons for the retirement of the most productive cows and the formation of thodologie herd, unsuitable for machine milking.

The aim of this study was to study the suitability of cows for machine milking, using the capabilities of the automated control system of milking equipment and herd management, to determine the effectiveness of using the milking system udder quarters, providing preservation of health of cows with asymmetrically developed udder.

In the study, 281 cows was conducted visual assessment of the morphology of the mammary gland, which found that about 15% of the herd has unevenly developed udder. In most cases, animals with unevenly developed udder togadiya, with negative reflexes to machine milking, it is not only genetically determined characteristics, but also the reflexes resulting from pain from "dry milking" and treatment of mastitis [23-25].

It should be noted that visually it is impossible to establish the amount of milk contained in each of the lobes, and from the point of view of machine



milking, the importance is not so much the shape of the udder and the amount of milk in fractions, how much time difference the end of their milking milking machine. Therefore, the uniformity of development of the udder in the herd of animals was estimated by milking the udder quarters Milpro P4C [26,27]. This system has indicator lights at each milking post that light up the early disconnection of any shares. The essence of this system is that the process is managed separately for each share of udder and disable one or more teat cups in case of cessation of milk flow. All remaining shares continue to be milked. Technically the problem is solved by fixing the glass in the compression stroke, when the annular space is supplied atmospheric pressure. And the walls of the liner are compressed and close access of the vacuum to the sphincter of the nipple from the manifold, which in turn prevents "dry milking" on milked nipple. The glass is held on the nipple by periodically (every 10 seconds) short-time transition in time to the sucking by the vacuum supply in listennow the camera. Table. 4 presents data on the number of cows with unequally developed lobes of the udder.

Table 4

## Structure of the herd on the uniformity of development of the udder

Indicator	Number, Goals	Structure, %
Total animals	281	100
With an uneven udder	134	47,7
With one unevenly developed share	57	20,3
including with: right front	16	5,7
left front	15	5,3
left rear	13	4,6
right rear	13	4,6
With two unevenly developed shares	56	19,9
including with: front lobes	22	7,8
right front and rear left lobes	11	3,9
right lobes	10	3,6
left lobes	3	1,1
left front and right rear lobes	8	2,8
back lobes	2	0,7
With three underdeveloped stakes	21	7,5
including with: front and rear right	12	4,3
front and rear left lobes	2	0,7
rear and left front lobes	1	0,4
rear and right front lobes	6	2,1
With an evenly developed udder	147	52,3

From the data presented in the table shows that almost half of the herd is to some extent unevenly developed udder. Cows often with outwardly evenly developed udder had no interest leaving milked before the others. This is due to the fact that outwardly it is difficult to establish the structure of the udder, and the speed of emptying depends not only on the amount of milk, but also on the speed of the milk output of a particular share.

Most often found hypoplasia of one or two lobes at the same time a part of the herd has completely unevenly developed udder. The uneven development of the udder does not have certain regularities and, although a significant part of the animals share the front stop milked before, underdevelopment occurs in all segments in all combinations. Consequently, uneven development of the udder – the problem is much more extensive than the known hypoplasia of the anterior lobes of the udder [28]. It was found that the more pronounced the uneven development of the udder in the herd, the more animals suffer from mastitis.

For a more general idea of the problem in Fig. 2 shows the structure of underdeveloped shares in the animals of the herd.

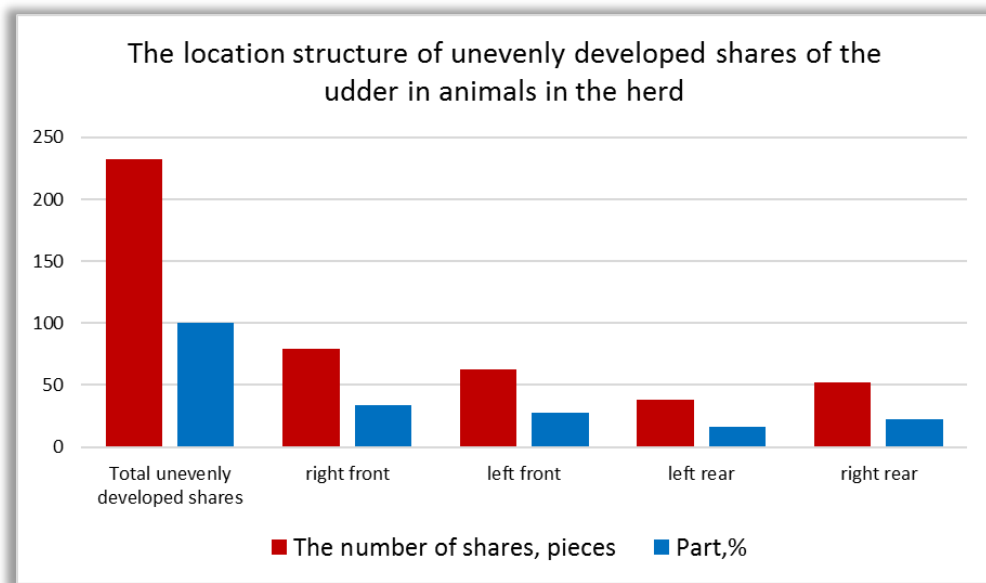


Fig. 2 The location structure of unevenly developed shares of the udder in animals in the herd

This is due to the multifactorial nature of the formation of a uniform development of the mammary gland, which is both genetic and paratypical quality. More clearly, the data on the structure of unevenly developed udder shares in animals in the herd are presented in Fig. 3.

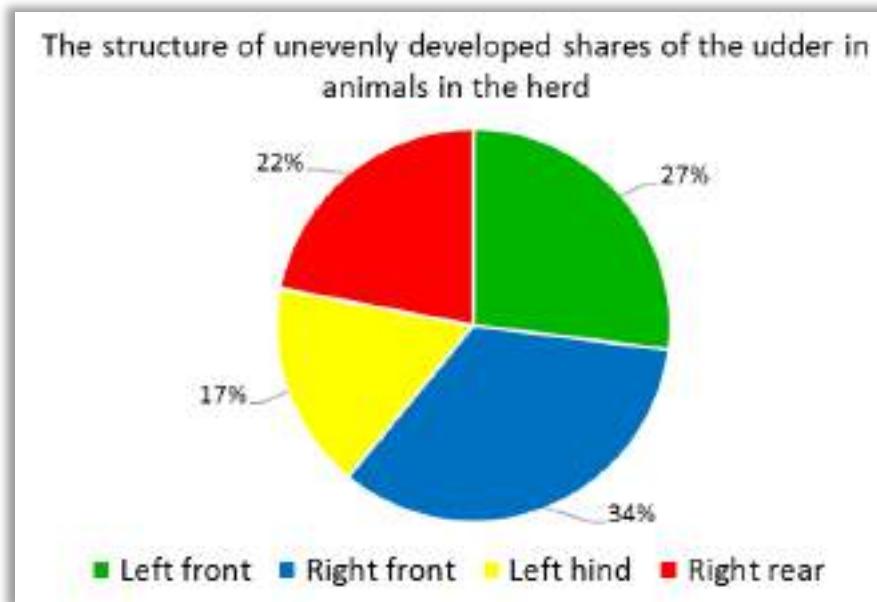


Fig. 3 The structure of unevenly developed shares of the udder in animals in the herd

From the presented data it is seen that a significant number of unevenly developed shares (almost 40%) are in the posterior lobes. In general, the location of the underdeveloped shares is evenly distributed, despite the greater number of front ones, this indicates the need for a broader understanding of the problem than the presence of a “goat udder” in part of the herd. The above data indicate that almost half of the herd is at risk of «dry milking» and therefore all its negative consequences [29,30].

The results of these studies allow to speak about the possibility of obtaining significant technological and economic effects by conducting breeding work aimed at developing a herd suitable for machine milking on udder morphology. The use of modern systems of automation of the process much easier and allows you to more efficiently perform the selection of animals.

*Conclusions.* In the study, it was found that the number of animals having udder with underdeveloped lobes, at the time of emptying is much larger than the number of animals with visually unevenly developed mammary gland and is recorded at 47.7%. While there are various combinations of immature shares. Of the total number of unequally developed lobes of the udder right front accounting for 27.2%; the left front – 34%; the left rear – 22.4%; right back to 16.4%.

Uniform development of the udder is one of the most important indicators of suitability for machine milking. However, the finish time of the milking of the lobes is more important than the amount of milk contained in them, as evenly developed udder is a quality that ensures the absence of «dry



milking». These data indicate that almost half of the herd is at risk of «dry milking», and therefore all its negative consequences.

Given the fact that in the herd there is a fairly large number of cows with the irregular shape of the udder and asymmetric breast development, it is advisable to use the milking system udder quarters, protecting the gland from the negative factors of the «dry milking».

#### References

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. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. Pp. 478-480.

4. Komar A. S. Fertilization of poultry manure by granulation. Abstracts of the 5th International *Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production»*. 2019. Pp. 18–20

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

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

7. Serebryakova N. Use of three-dimensional computer visualization in the study of nanostructures. Минск: БГАТУ, 2020. С. 517-519.

8. Podashevskaya H., Manita I. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. *Інженерія природокористування*. Харків: ХНУСГ, 2020. №2(16). С. 33 – 37.

9. Serebryakova N. Selection of optimal modes of heat treatment of grain. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф.* Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 20-24.

10. Manita I. Areas of application of nanotechnologies in animal husbandry. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф.* Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 357-361.



11. 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.

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

13. Sklar, O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Kyiv: Condor Publishing House. 2018. 380 p.

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

15. 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.

16. 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.

17. Болтянська Н. І. Теоретична оцінка економічної ефективності виробництва молока. *Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві*: матеріали II-ї наук.-техн. конф. Глеваха, 2013. С. 7-10.

18. Skliar O., Boltyanskyi B. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG*. 2019. P. 249-258.

19. Скляр Р. В. Машины, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник / Р.В. Скляр, О.Г. Скляр, Б.В. Болтянський. К.: Видавничий дім «Кондор», 2019. 608 с.

20. 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.

21. Boltyansky O. V. Analysis of ways of increasing the efficiency of use of the machinetractor park. *Against TDAT*, 2014. Vol 14, No 4, p. 204–209.

22. Sklar O. G. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.

23. Boltyanskaya N.I. Indicators of an estimation of efficiency of application of resourcesbutGauci technologies in animal husbandry. *Bulletin of Sumy national agrarian University. A series of "Mechanization and automation of production processes"*. Amount. 2016. Vol. 10/3 (31). 118-121.





24. Zabolotko O.O., Performance indicators of farm equipment. *Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference "Kramar Readings"*. 2017. P. 155-158
25. Boltyanskaya N.I. Justification of Choice of Heating System for Pigsty. *Teka Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture*. 2018. Vol. 18. No 1. P. 57–62
26. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll. scientific-works of Intern. *Research Practice Conf. "Topical issues of development of agrarian science in Ukraine"*. Nizhin, 2019. Pp. 84–91.
27. Komar A. S. Analysis of the design of presses for the preparation of feed pellets and fuel briquettes. *TDATU Scientific Bulletin*. 2018. Issue 8. Vol. 2. Pp. 44–56.
28. 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.
29. Skliar A. Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plan. *MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. Lublin, 2014. Vol.16. No2, b. P.183-188.
30. 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. P. 49-54.

Стаття надійшла до редакції 8.03.2021р.

**Н. І. Болтянська, А.С. Комар, І.Ю. Маніта**  
**Таврійський державний агротехнологічний університет**  
**імені Дмитра Моторного**

## **ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОЗНАК ВИМЕНІ КОРІВ НА ПРИДАТНІСТЬ ДО МАШИННОГО ДОЇННЯ**

### *Анотація*

Результати проведених досліджень дозволяють говорити про можливість отримання значного технологічного та економічного ефекту за рахунок проведення селекційної роботи, спрямованої на формування стада придатного до машинного доїння по морфології вимені. При цьому використання сучасних систем автоматизації процесу істотно полегшує і дозволяє більш якісно проводити відбір тварин.

Індекс вимені є кількісним показником рівномірності розвитку долей 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. В ході дослідження було встановлено, що кількість тварин, що мають вим'я з недорозвиненими частками, по часу видоювання значно перевищує кількість тварин з візуально нерівномірно розвинутою молочною залозою і становить 47,7%. При цьому зустрічаються найрізноманітніші комбінації



недорозвинених часткою. Із загальної кількості нерівномірно розвинених часткою вимені праві передні складають 27,2%; ліві передні – 34%; ліві задні – 22,4%; праві задні – 16,4%.

Рівномірність розвитку вимені - один з найважливіших показників придатності до машинного доїння. Разом з тим, час закінчення доїння часткою важливіше, ніж кількість молока, що міститься в них, тому що рівномірно розвинене вим'я – це якість, що забезпечує відсутність «сухого доїння». Наведені дані свідчать про те, що практично половина стада знаходиться в зоні ризику «сухого доїння», а значить і всіх його негативних наслідків. Наведено структуру недорозвинених долей у тварин, яка свідчить про те, що значна кількість нерівномірно розвинених долей (майже 40 %) знаходиться у задніх долях.

З урахуванням того, що в стаді є досить велика кількість корів з неправильною формою вимені і асиметричним розвитком молочної залози, доцільно використовувати систему доїння вимені по чвертях, що забезпечує захист залози від негативних чинників «сухого доїння».

**Ключові слова:** тваринництво, корова, машинне доїння, ефективність, придатність до доїння, функціональний стан часток вимені.

**Н. И. Болтянская, А.С. Комар, І.Ю. Маніта**  
Таврический государственный агротехнологический университет имени  
Дмитрия Моторного

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ВЫМЕНИ КОРОВ НА ПРИГОДНОСТЬ К МАШИННОМУ ДОЕНИЮ**

### *Аннотация*

Результаты проведенных исследований позволяют говорить о возможности получения значительного технологического и экономического эффекта за счет проведения селекционной работы, направленной на формирование стада пригодного к машинному доению по морфологии вымени. При этом использование современных систем автоматизации процесса существенно облегчает и позволяет более качественно проводить отбор животных.

Индекс вымени является количественным показателем равномерности развития долей вымени. Это объективный показатель развития и функционального состояния долей вымени, важный для сокращения продолжительности холостого доения и сохранения здоровья животного при машинном доении. В ходе исследования было установлено, что количество животных, имеющих вымя с недоразвитыми долями, по времени видоювания значительно превышает количество животных с визуально неравномерно развитой молочной железой и составляет 47,7%. При этом встречаются самые разнообразные комбинации недоразвитых долей. Из общего количества неравномерно развитых долей вымени правая передняя составляют 27,2%; левые передние - 34%; левые задние - 22,4%; правая задняя - 16,4%.

**Ключевые слова:** животноводство, корова, машинное доение, эффективность, пригодность к доению, функциональное состояние долей вымени.



УДК 336.767:338.2:621.31

Г. І. Грицаєнко, к.е.н., доц.

ORCID: 0000-0001-7168-2836

І. М. Грицаєнко, ст. викл.

ORCID: 0000-0001-6095-4023

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

e-mail: halyna.hrytsaienko@tsatu.edu.ua

## СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ІНВЕСТИЦІЙ В ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

**Анотація.** У процесі дослідження використано діалектичні методи пізнання, в тому числі монографічний (аналіз публікацій щодо проблем інвестування в енергоефективність) та абстрактно-логічний (теоретичні узагальнення та формулювання висновків) методи.

Розглянуто інвестування в енергоефективність як складну, динамічну, ієрархічну систему. Проаналізовані ключові показники енергетики та інвестування в енергоефективність на мега-, макро-, мезо-, мікро- та нанорівні.

Елементом наукової новизни є сформульована авторська позиція щодо головних елементів системи інвестицій в енергоефективність та особливості їхнього прояву на різних рівнях національної економіки.

Практичною значущістю дослідження є можливість використання одержаних результатів у визначенні шляхів активізації інвестицій в енергоефективність національної економіки.

**Ключові слова:** інвестиції, енергоефективність, системний аналіз, національна економіка, енергозбереження, енергоємність, екологія.

**Постановка проблеми.** Сучасний стан національної економіки нерозривно зв'язаний з процесами виробництва та споживання енергії, тому інвестиції в енергетичну інфраструктуру мають стратегічне значення для кожної країни.

Порівняно з 1990-м роком світова загальна пропозиція первинної енергії зросла на 62,9% і становила у 2018-му році 14281,9 Мтоє, кінцеве споживання електроенергії – відповідно на 127% до 24738,9 ТВтг. При цьому загальні викиди CO<sub>2</sub> зросли відповідно на 63,4% (до 33513,3 Мт CO<sub>2</sub>), або на 13,9% на душу населення (до 4,42 т CO<sub>2</sub>). Вважаємо, що формування безпечного та стійкого енергетичного майбутнього для всіх потребує особливої уваги до проблем енергоефективності національної економіки, в першу чергу до



інвестицій в цю сферу, що обумовлює актуальність обраної теми дослідження.

*Аналіз останніх досліджень.* Проблеми енергоефективності досліджували багато науковців, в тому числі зарубіжні: Бонгерс А. [1], Бюттнер С. [2], Гріноу Р.М. [3], Зобель Т. [4], Капехарт Б. [5], Кеніг В. [2], Леббе С. [2], Мальмгрен К. [4], Оутс М. [3], Рорер В. [5], Сміт К. [5], Тріанні А. [6], Хасан А. С. М. [6], Хаттак С.Х. [3], Шнайдер К. [2], а також вітчизняні: Горбань В. [7], Губарева І. [8], Жолобецька М. [9], Котилко І. [10], Кравчук С. [10], Леженюк П. [10], Пиріг Г. [11], Пуліна Т. [12], Салашенко Т. [8], Соколова В. [13], Шведун В. [14] та багато інших дослідників.

Так, Бонгерс А. вивчав вплив екологічної політики на енергоефективність та ефективність викидів. Автор розробив еколого-економічну модель, в якій споживання енергії призводить до викидів забруднюючих речовин, які, в свою чергу, негативно впливають на ефективність виробництва. В той же час підвищення енергоефективності викликає «ефект віддачі», але також збільшує споживання енергії і, як наслідок, викиди забруднюючих речовин. Навпаки, технологічні вдосконалення стосовно викидів призводять до збільшення споживання енергії, але безпосередньо скорочують кількість викидів [1]. Хасан А. С. М. і Тріанні А. досліджували необхідність забезпечення енергоефективності в промисловості, яке має велике значення для зниження енергоспоживання і викидів парникових газів. На їхню думку, енергоменеджмент – одна з ефективних функцій, що забезпечують енергоефективність в промисловості. Незважаючи на підвищений інтерес до енергоефективності, існує прогалина в наукових публікаціях з енергоменеджменту та існуючої практики застосування. Автори зробили методологічний огляд моделей оцінки енергоменеджменту, які полегшують оцінку промислового енергоменеджменту в цілому. Крім цього, вони зробили цікаві пропозиції для наукових кіл і промислових аналітичних центрів [6].

Кеніг В., Бюттнер С., Леббе С., Шнайдер К. у власному дослідженні зробили висновок про те, що, незважаючи на сильні політичні зусилля в Європі, малі і середні промислові підприємства нехтують прийняттям методів підвищення енергоефективності. Результати, засновані на 10 етнографічних дослідженнях і кількісному опитуванні 500 виробничих малих і середніх підприємств, вказують на важливість повсякденної поведінки співробітників для досягнення економії енергії. Включення енергоефективності в корпоративну стратегію, використання широкого спектру різних практик, а також розширення прав і можливостей та участь співробітників служать основними рушійними силами в досягненні енергоефективності [2].



Окорєімог Ц. С. у власному дослідженні оцінив альтернативні види палива, енергозбереження, дизайн будівель, побутову техніку, промисловість та транспортні засоби [15].

Горбань В. визначила особливості розроблення та імплементації комплексних планів дій зі сталого енергетичного розвитку міст на довгострокову перспективу, окреслила секторальні особливості планування енергоефективного розвитку на місцевому рівні, а також запропонувала механізми реалізації наявного потенціалу енергозбереження на місцевому рівні [7]. Губарева І. і Салашенко Т. довели необхідність перенесення проблем сталого розвитку з національного на регіональні рівні та досягнення балансу між державними та ринковими методами регулювання енергетичного ринку, а також пріоритетність підвищення енергоефективності для спрямування економіки на шлях інноваційного розвитку [8]. Жолобецька М. на основі вивчення основних правових, економічних та організаційних засад діяльності об'єктів сфери теплопостачання в Україні встановила механізми спрямування коштів у енергоефективність, які відрізняються джерелом коштів та кількістю сторін, що задіяні в процесі від виділення коштів кредитором до їх використання [9]. Леженюк П., Кравчук С. і Котилко І. показали, що нестабільний характер роботи відновлювальних джерел енергії впливає на режими роботи електричних мереж, розробили структурну схему автоматизованої системи керування джерелами електроенергії з локальними САК для керування потоками потужності електроенергії в електричних мережах з ВДЕ для зменшення в них втрат електроенергії. [10]. Пиріг Г., Файфура В. й Крупка А. особливу увагу зосередили на механізмі фінансування проектів, пов'язаних з енергоефективністю з використанням кредитних ресурсів, що надаються банками. Автори розглянули джерела та механізми фінансування заходів з енергоефективності в Україні, зокрема: бюджетні кошти, банківські кредити, власні кошти підприємств та населення [11].

Пуліна Т., Тесленок І. та Нестеренко А. на основі дослідження методологічних основ стратегічного планування визначили основні перспективні напрямки вдосконалення системи планування стратегії енергоефективності, проаналізували розробку регіональної стратегії енергозбереження на основі стратегії регіонального розвитку регіону [12]. Соколова В., Крусір Г., Шпирко Т., Кузнецова І. та Коваленко І. провели дослідження проблем, пов'язаних з функціонуванням готельно-ресторанного комплексу, сформувавши політику ресурсо- та енергозбереження, впровадження якої дозволить знизити негативний вплив підприємства на зовнішнє середовище завдяки формуванню організаційної, технічної та технологічної складової [13]. Шведун В. у власному дослідженні виокремив різновиди державної політики в сфері



енергозбереження й енергоефективності, проаналізував ключові завдання Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження, розробив комплекс заходів щодо вдосконалення державної політики України з енергозбереження й енергоефективності [14]. Незважаючи на численні публікації, залишаються недопрацьованими питання комплексного, системного дослідження інвестування енергоефективності національної економіки.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою статті є дослідження проблем інвестицій в енергоефективність національної економіки з позицій системного аналізу.

*Основна частина.* Системний аналіз є науковим методом пізнання, що являє собою послідовність дій зі встановлення структурних зв'язків між елементами системи, яка досліджується. Саме тому інвестиції в енергоефективність необхідно розглянути як систему взаємопов'язаних елементів – наприклад, об'єктів, завдань та головної мети (рис. 1).



Рисунок 1. Інвестиції в енергоефективність як система об'єктів, завдань та головної мети

*Джерело: складено на основі власних досліджень*





При цьому головними об'єктами інвестування будуть виступати видобуток та виробництво паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) в середині країни, імпорт ПЕР, транспортування, а також ефективне використання та заощадження. Завданнями інвестицій в енергоефективність будуть збільшення обсягів внутрішнього видобутку нафти та газу, а також виробництва енергії з відновлюваних джерел, здешевлення імпорту ПЕР, скорочення витрат на всіх етапах виробництва та споживання ПЕР, енергозбереження, охорона навколишнього середовища за рахунок скорочення шкідливих викидів. Виконання завдань інвестицій в енергоефективність сприятиме наближенню головної мети – забезпеченню енергетичної та екологічної безпеки національної економіки.

Інвестиції в енергоефективність – це складна, динамічна, ієрархічна система, яку доцільно розглядати за наступними рівнями (рис. 2).



Рисунок 2. Ієрархічна система інвестування в енергоефективність національної економіки

Джерело: складено на основі власних досліджень

При цьому суб'єктами національної економіки на **нанорівні** виступають особа, сім'я – об'єктами інвестування в енергоефективність на цьому рівні є, як правило, будинки, окремі

квартири, засоби автотранспорту тощо. Суб'єкти господарської діяльності на **мікрорівні** національної економіки для підвищення енергоефективності потребують інвестицій у будівлі, споруди, техніку, обладнання, технології тощо.

**Мезорівень** національної економіки, який представлений галузями та регіонами країни, потребує інвестиції в першу чергу в суб'єкти енергетичної інфраструктури, технології використання ПЕР тощо. **Макрорівень** – безпосередньо країна – переймається інвестуванням власних видобутку та виробництва, а також імпорту, транспортування та ефективного використання ПЕР. **Мегарівень** – це інші країни, регіони світу та світова економіка в цілому – потребує інвестиції в загальносвітову енергетику, енергоефективність та екологію.

На рис. 3 представлені показники енергоємності економік світу (мегарівня), розраховані за даним 2018-го року [16]. Їхній аналіз свідчить про те, що найкращими є позиції Європи – на 1 тис. міжнародних доларів ВВП (за ПКС) витрачається 0,098 тис. тон умовного палива в нафтовому еквіваленті.

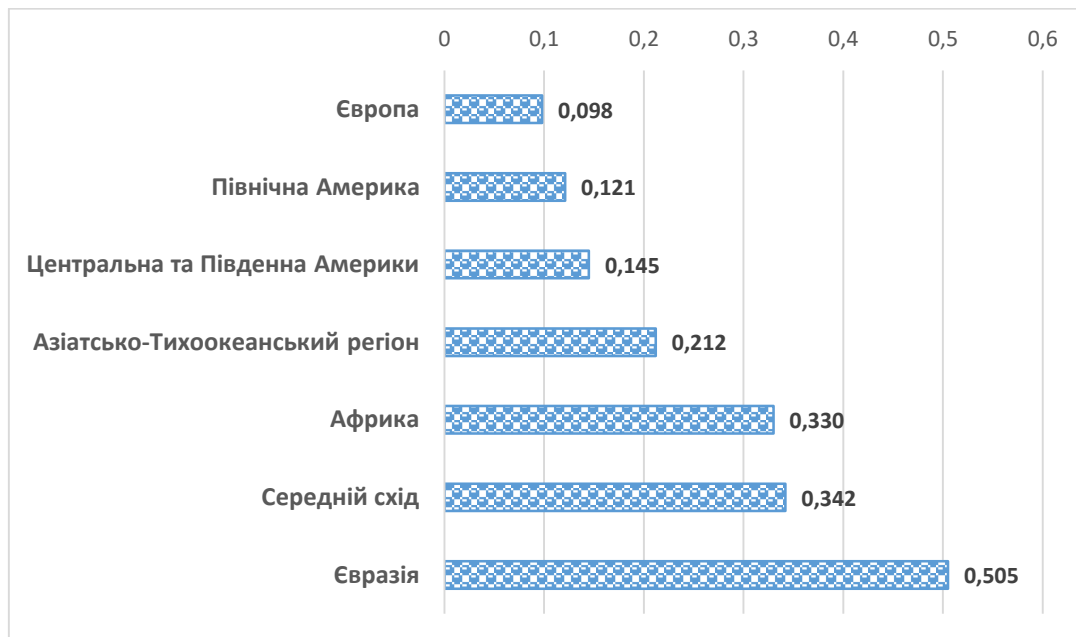


Рисунок 3. Енергоємність економік регіонів світу в 2018-му році, Ktoe/тис. міжнародних доларів

Джерело: складено за даними [16]

Найгірша ситуація за енергоємністю в країнах Євразії – 0,505 тис. тон умовного палива на 1 тис. міжнародних доларів ВВП (за ПКС), що більше, ніж в п'ять разів перевищує показники Європи.

Для дослідження інвестування енергоефективності на **мегарівні** доцільно розглянути показники енергетики групи країн, які впродовж



довгого часу були в єдиній енергетичній системі – колишніх республік СРСР за 2018-й рік (табл. 1).

Серед 15-и країн – колишніх республік СРСР – Україна за показником енергоємності ВВП (витрат паливно-енергетичних ресурсів у нафтовому еквіваленті на одиницю валового внутрішнього продукту країни, розрахованого за паритетом купівельної спроможності), якій дорівнює 0,175 тис. тон умовного палива на 1 тис. міжнародних доларів, посідає лише 12-е місце, залишивши за собою тільки Російську Федерацію (0,180 тис. тон умовного палива на 1 тис. міжнародних доларів), Узбекистан (0,203 тис. тон умовного палива на 1 тис. міжнародних доларів) і Туркменістан (0,833 тис. тон умовного палива на 1 тис. міжнародних доларів).

Таблиця 1

Ключові показники енергетики країн – колишніх республік СРСР за 2018-й рік

Країна	Загальна пропозиція первинної енергії, Мтоє	Енергоємність ВВП, (Ктоє/тис. міжнар. дол.)	Загальні викиди CO <sub>2</sub> , Мт CO <sub>2</sub>	Загальні викиди CO <sub>2</sub> на душу населення, т CO <sub>2</sub>
Азербайджан	14,38	0,099	30,95	3,11
Білорусь	26,96	0,147	57,09	6,02
Вірменія	5,76	0,150	5,39	1,83
Грузія	4,86	0,089	8,77	2,31
Естонія	6,27	0,130	15,7	11,80
Казахстан	75,76	0,158	214,01	11,71
Киргизстан	4,56	0,137	10,49	1,66
Латвія	4,63	0,078	7,19	3,76
Литва	7,61	0,076	11,13	3,99
Молдова	4,07	0,119	7,96	2,24
Російська Федерація	759,33	0,180	1587	10,98
Таджикистан	3,51	0,117	6,8	0,75
Туркменістан	27,65	0,833	69,13	11,82
Узбекистан	46,39	0,203	107,96	3,28
Україна	93,49	0,175	181,83	4,08

Джерело: складено за даними [16]

За розміром загальних викидів CO<sub>2</sub> на душу населення Україна з показником 4,08 т CO<sub>2</sub> посідає 10-е місце, випереджаючи Білорусь (6,02 т CO<sub>2</sub>), Російську Федерацію (10,98 т CO<sub>2</sub>), Казахстан (11,71 т CO<sub>2</sub>), Естонію (11,80 т CO<sub>2</sub>) і Туркменістан (11,82 т CO<sub>2</sub>). Тобто, можна зробити висновок про наявність в Україні суттєвих недоліків в



енергоспоживанні порівняно з іншими країнами – колишніми республіками СРСР.

В табл. 2 в межах дослідження інвестування в енергоефективність на **макрорівні** наведена динаміка ключових статистичних показників енергетики України.

Аналіз ключових статистичних показників енергетики України свідчить про те, що в 2018-му році порівняно з 2000-м роком загальне виробництво енергії скоротилося на 20,36% і становило 60,88 Мтоє, в розрахунку на душу населення цей показник зменшився на 11,77% - до 1,36 тоє на душу населення в 2018-му році. При цьому загальна пропозиція первинної енергії зменшилась на 30,13% і становила 93,49 Мтоє в 2018-му році. Енергоємність, яка характеризує загальне постачання первинної енергії в розрахунку на 1 тис. міжнародних доларів ВВП (за паритетом купівельної спроможності) за відповідний період скоротилася майже в п'ять разів і становила в 2018-му році 0,175 тис. тон умовного палива на 1 тис. міжнародних доларів.

Таблиця 2

## Динаміка ключових статистичних показників енергетики України

Показники	2000	2018	Відхил. 2018 р. від 2000 р., %
Загальне виробництво енергії, Мтоє	76,44	60,88	-20,36
Загальне виробництво енергії на душу населення, тоє	1,55	1,36	-11,77
Загальна пропозиція первинної енергії, Мтоє	133,81	93,49	-30,13
Кінцеве споживання електроенергії, ТВтГ	136,63	136,79	0,12
Енергоємність за загальним постачанням первинної енергії, Ктоє./тис. міжнародних доларів	0,84	0,175	-79,17
Загальні викиди CO <sub>2</sub> , Мт CO <sub>2</sub>	295,13	181,83	-38,39
Загальні викиди CO <sub>2</sub> на душу населення, т CO <sub>2</sub>	5,97	4,08	-31,75

Джерело: складено за даними [16]

Загальні викиди CO<sub>2</sub> в Україні скоротилися на 38,39% і становили 181,83 Мт CO<sub>2</sub>, в розрахунку на душу населення – відповідно на 31,75% до 4,08 т CO<sub>2</sub>.

Розрахунки свідчать про наявність дуже сильного, близького до функціонального зв'язку між загальними викидами CO<sub>2</sub> (y) та розміром ВВП країни (x):

$$y = 0,3902x - 3,2501; D = 0,886; R = 0,9413.$$



Тобто, збільшення ВВП країни на 1 млрд. міжнародних доларів (за паритетом купівельної спроможності) супроводжується ростом загальних викидів CO<sub>2</sub> на 0,39 Мт CO<sub>2</sub>.

Залежність загальних викидів CO<sub>2</sub> (y) від розмірів загальної пропозиції первинної енергії (x) також має прямо пропорційний характер з майже функціональним зв'язком:

$$y = 2,317x - 1,48; D = 0,9538; R = 0,9766.$$

За розрахунками, збільшення загальної пропозиції первинної енергії на 1 Мтоє викликає зростання загальних викидів на 2,32 Мт CO<sub>2</sub>.

Вважаємо, що кореляційно-регресійні залежності розмірів загальних викидів CO<sub>2</sub> від факторів, що на них впливають, ілюструє проблеми енергоспоживання та екології, які загострюються з кожним роком і потребують суттєвих інвестицій для боротьби з негативними наслідками.

На жаль, у 2020-му році через блокування національних економік, які були викликані суттєвими обмеженнями в пересуванні людей і товарів внаслідок спалаху пандемії COVID-19, значно скоротилися попит та ціни на енергоносії, що відбилося на інвестиційній діяльності в сферах енергетики та енергопостачання.

Так, загальні інвестиції в світі (**мегарівень**) в постачання паливно-енергетичних ресурсів у 2020-му році порівняно з 2019-м роком скоротилися на 259 млрд. дол. США (або на 43,5%) і становили 595 млрд. дол. США, в тому числі інвестиції в постачання нафти і газу – на 245 млрд. дол. США (або на 47,9%) – до 511 млрд. дол. США в 2020-му році. Інвестиції в енергетичний сектор зменшились на 79 млрд. дол. США (до 678 млрд. дол. США, або на 11,7%), в кінцеве використання палива – відповідно на 33 млрд. дол. США (до 247 млрд. дол. США, або на 13,4%).

Загальне скорочення загальносвітових інвестицій в енергетику та енергопостачання в 2020-му році порівняно з 2019-м роком становило 371 млрд. дол. США (до 1520 млрд. дол. США, або на 24,4%). При цьому Міжнародний валютний фонд прогнозує скорочення глобального валового внутрішнього продукту на 6%, що вже відбивається на скороченні глобальних інвестицій в чисту енергію та енергоефективність (табл. 3).

Загальносвітові інвестиції в чисту енергію та енергоефективність в 2020-му році порівняно з 2019-м роком скоротилися на 68 млрд. дол. США (до 567,8 млрд. дол. США, або на 10,7%). При цьому найбільші скорочення відбулися у сферах поновлюваної енергії (на 29,6 млрд. дол. США, або на 9,5%) та енергоефективності (на 30,0 млрд. дол. США, або на 12,0%). При цьому частка інвестицій в чисту енергію та



енергоефективність відповідно зросла на 3,8 в.п. і становила в 2020-му році 37,3%.

Таблиця 3

Загальносвітові інвестиції в чисту енергію та енергоефективність, млрд. дол. США

Показник	2017	2018	2019	2020	Відхил. 2020 р. від 2019 р., (+, -)
Поновлюваний транспорт та тепло	35,8	33,9	32,7	28,6	-4,1
Поновлювана енергія	309,7	308	310,6	281	-29,6
Ядерна енергетика	34,4	32,6	39,1	35,2	-3,9
Енергоефективність	250,9	251,6	249,4	219,4	-30,0
Акумулятори	2,9	4,6	4	3,6	-0,4
Разом	633,7	630,7	635,8	567,8	-68,0
Часка чистої енергії та енергоефективності в цілому, %	33	33	33,5	37,3	3,8

Джерело: складено за даними [16]

Незважаючи на загальносвітові тенденції зі скорочення, в Україні (**макрорівень**) продовжуються розробка та впровадження інвестиційних проектів з відновлюваної енергетики та енергоефективності. Так, станом на 01 жовтня 2020 р. в Україні розробляється 918 проекти (рис. 4), в тому числі 42 (**мезорівень**) – в Запорізькій області, з яких у м. Мелітополі та Мелітопольському районі:

- «Виробництво паливних гранул з очерету, з метою подальшого використання в якості альтернативного біопалива в котельних установках»;

- «Використання сонячної енергії для потреб медичного закладу КНП»;

- «Будівництво біогазового комплексу на Мелітопольському міському полігоні ТПВ».

Для дослідження питань інвестування в енергоефективність на **нанорівні** доцільно розглянути заходи, які потребують інвестицій, та які може здійснити окрема особа (сім'я) для покращення власного побуту за нових умов (рис. 5).



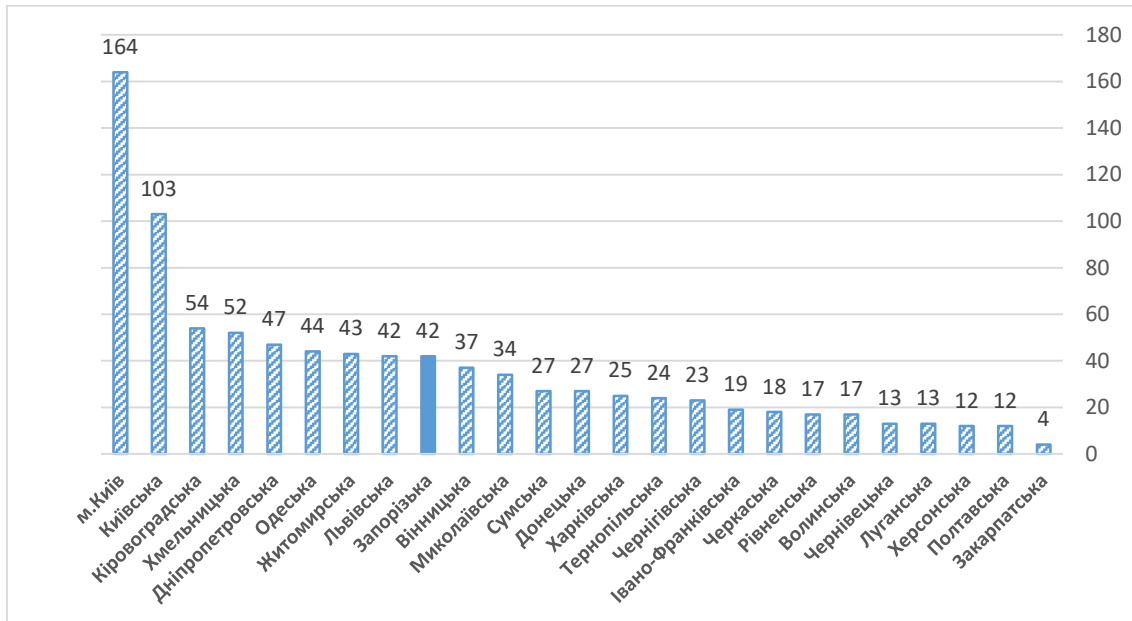


Рисунок 4. Кількість інвестиційних проєктів у сфері відновлювальної енергетики та енергоефективності станом на 01.10.2020 р., од.

Джерело: складено за даними [17]



Рисунок 5. Напрями інвестування в енергоефективність на нанорівні  
Джерело: складено на основі власних досліджень

В Україні існує державна підтримка енергозбереження, яку можна вважати державними інвестиціями в енергоефективність на нанорівні. Так, з 2014-го року для населення та ОСББ діє Урядова програма



«теплих кредитів», а також продовжують діяти місцеві програми здешевлення «теплих кредитів», за якими надається додаткова компенсація (з місцевих бюджетів) по тілу або відсотках за «теплыми» кредитами.

**Висновки.** На основі системного аналізу можна зробити загальний висновок про те, що для покращення енергоефективності в Україні необхідні суттєві інвестиції в збільшення внутрішнього видобутку нафти і газу, а також розвитку потенціалу відновлюваної енергії, активізації заходів стосовно максимального збільшення ефективності використання та збереження енергії на всіх рівнях національної економіки.

Вважаємо, що залученню інвестицій в енергоефективність сприятиме надання державних гарантій, спрощення укладання лізингових угод і надання фінансових преференцій.

#### Список використаних джерел

1. Bongers A. Energy Efficiency, Emission Energy, and the Environment. *Energy Research Letters*. 2020. Vol. 1, № 2. P. 1-5.

2. König W., Löbbe S., Büttner S., Schneider C. Establishing Energy Efficiency – Drivers for Energy Efficiency in German Manufacturing Small- and Medium-Sized Enterprises. *Energies*. 2020. Vol. 13, № 19. 5144. DOI: 10.3390/en13195144.

3. Khattak S. H., Oates M., Greenough R. M. Towards Improved Energy and Resource Management in Manufacturing. *Energies*. 2018. Vol. 11, № 4. 1006. DOI: 10.3390/en11041006.

4. Zobel T., Malmgren C. Evaluating the Management System Approach for Industrial Energy Efficiency Improvements. *Energies*. 2016. Vol. 9, № 10. 774. DOI: 10.3390/en9100774.

5. Smith C., Capehart B., Rohrer W. Industrial Energy Efficiency and Energy Management. *Intelligent Transportation Systems*. 2015. P. 723-807. DOI: 10.1201/b18947-33.

6. Hasan ASM M., Trianni A. A Review of Energy Management Assessment Models for Industrial Energy Efficiency. *Energies*. 2020. Vol. 13, № 21. 5713. DOI: 10.3390/en13215713.

7. Горбань В. Особливості формування портфелів інвестиційних проєктів для досягнення цілей сталого енергоефективного розвитку міст. *Економічний аналіз*. 2016. Т. 25, № 1. С. 169-179.

8. Губарева І., Салашенко Т. Стратегічні аспекти підвищення енергоефективності регіонів країни. *Проблеми економіки*. 2020. № 2. С. 190-197.

9. Жолобецька М. Фінансування вітчизняної галузі теплопостачання шляхом впровадження проєктів енергоефективності в



умовах євроінтеграції. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2019. № 4. С. 451-460.

10. Леженюк П., Кравчук С., Котилко І. Відновлювальні джерела електроенергії в електричних мережах як елемент енергоефективного електроспоживання. *Світлотехніка та електроенергетика*. 2019. № 3. С. 99-106.

11. Пиріг Г., Файфура В., Крупка А. Механізм фінансування енергоефективних заходів в умовах сталого розвитку суспільства. *Економічний аналіз*. 2018. Т. 28, № 3. С. 71-77.

12. Пуліна Т., Тесленок І., Нестеренко А. Розробка стратегії енергоефективності Запорізької області. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2018. № 11. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Duur\\_2018\\_11\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Duur_2018_11_3) (дата звернення: 25.10.2020).

13. Розробка ключових елементів системи ресурсо- та енергоефективності / В. Соколова та ін. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2019. Т. 83, Вип. 1. С. 21-26.

14. Шведун В. Розробка та впровадження державної політики України з енергозбереження й енергоефективності. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2018. № 12. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Duur\\_2018\\_12\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Duur_2018_12_3) (дата звернення: 25.10.2020).

15. Okorieimoh C. C. Energy Efficiency. *Global Scientific Journals*. 2019. Vol. 7, № 4. P. 763-775.

16. World Energy Investment. *International Energy Agency* : Web site. URL: <https://www.iea.org/> (дата звернення: 25.10.2020).

17. Інвестиції. *Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України*: веб сайт. URL: <https://saee.gov.ua/uk/business/investyscii> (дата звернення: 25.10.2020).

Стаття надійшла до редакції 6.02.2021р.

**Н.І. Hrytsaienko, І.М. Hrytsaienko**  
**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **SYSTEM ANALYSIS OF INVESTMENT IN ENERGY EFFICIENCY OF THE NATIONAL ECONOMY**

### ***Summary***

The purpose of the article is to study the problems of investment in energy efficiency of the national economy from the standpoint of systems analysis.

The research used dialectical methods of cognition, including monographic (analysis of publications on the problems of investing in energy efficiency) and abstract-logical (theoretical generalizations and formulation of conclusions) methods.



Investing in energy efficiency as a complex, dynamic, hierarchical system is considered. Its main elements are objects, tasks and the main goal. Objects of investment in energy efficiency are identified at different levels and subjects of the national economy.

The key indicators of energy and investment in energy efficiency at the mega-, macro-, meso-, micro- and nano-levels are analyzed. A comparative analysis of the energy intensity of the world's economies, regions of the world, countries – former republics of the USSR, including Ukraine. The relationships between the amount of total CO<sub>2</sub> emissions from the country's GDP and the total supply of primary energy are determined. The tendencies of global investments in clean energy and energy efficiency are studied. Investment projects in the field of renewable energy and energy efficiency in the regions of Ukraine, including Zaporizhia region, as well as in the city of Melitopol and Melitopol region are considered. The main directions of investing in energy efficiency at the nanoscale are identified.

An element of scientific novelty is the formulated author's position on the main elements of the system of investments in energy efficiency and the peculiarities of their manifestation at different levels of the national economy.

The practical significance of the study is the possibility of using the obtained results in determining ways to increase investment in energy efficiency of the national economy.

**Key words:** investments, energy efficiency, system analysis, national economy, energy saving, energy intensity, ecology

**Г.И. Грицаенко, И.Н. Грицаенко**

**Таврический государственный агротехнологический университет  
имени Дмитрия Моторного**

## **СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИЙ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ**

### *Аннотация*

Цель статьи – исследование проблем инвестиций в энергоэффективность национальной экономики с позиций системного анализа.

В процессе исследования использованы диалектические методы познания, в том числе монографический (анализ публикаций по проблемам инвестирования в энергоэффективность) и абстрактно-логический (теоретические обобщения и формулирования выводов) методы.

Рассмотрено инвестирование в энергоэффективность как сложную, динамичную, иерархическую систему. Проанализированы ключевые показатели энергетики и инвестирования в энергоэффективность на мега-, макро-, мезо-, микро- и наноуровне.

Элементом научной новизны является сформулированная авторская позиция относительно главных элементов системы инвестиций в энергоэффективность и особенностей их проявления на различных уровнях национальной экономики.

Практической значимостью исследования является возможность использования полученных результатов в определении путей активизации инвестиций в энергоэффективность национальной экономики.

**Ключевые слова:** инвестиции, энергоэффективность, системный анализ, национальная экономика, энергосбережение, энергоемкость, экология.



УДК 631.3-192:662.63

Д.П. Журавель, д.т.н.

ORCID: 0000-0002-6100-895X

А.М. Бондар, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-4761-9084

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

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

## ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ТРИБОСИСТЕМ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СУМІШЕВИХ ОЛИВ

**Анотація.** В статті розглянуто перспективи використання сумішевих олив для мобільних енергетичних засобів. Встановлено, що ефективність змащувального матеріалу визначається, по-перше, конструктивними особливостями вузла тертя, тобто типом, розміром, характером руху поверхонь тертя і т. п. і, по-друге, системою змащування і видом матеріалу, з яким контактує в процесі роботи, а також умовами експлуатації вузла тертя і термінами заміни змащувального матеріалу. Найбільш актуальним напрямком створення нових змащувальних середовищ є використання сумішевих олив мінерального і рослинного походження. Залучення рослинних олив і тваринних жирів, тобто продуктів чисто біосферного походження до складу змащувальних матеріалів слід вважати вельми перспективним. Вони спрямовані на більш ефективне використання продуктів рослинного і тваринного походження в різних областях техніки. Тому використання сумішевих олив з покращеними властивостями є актуальним вирішення питання раціонального використання їх для забезпечення надійної і ефективної роботи мобільної сільськогосподарської техніки.

**Ключові слова:** прогнозування, ресурс, трибосистема, сумішеві оливи, присадки, добавки, надійність, сільськогосподарська техніка.

**Постановка проблеми.** Для поліпшення експлуатаційних властивостей олив і забезпечення надійної роботи машин і механізмів у більшість змащувальних олив вводять спеціальні речовини [1-6]. Органічні оливорозчинні продукти (понад 100 з'єднань) називають присадками, а тверді нерозчинні речовини неорганічного походження - антифрикційними добавками. Більшість промислових присадок і їх композицій містить у своєму складі кисень, сірку, фосфор, азот, хлор, кальцій, барій, цинк, магній, стронцій і такі функціональні групи, як карбоксильна, гідроксильна, сульфогрупа, дитіофосфатна, аміногрупа,



трихлорметильна і деякі інші. Присадки вводять в оливи в невеликих кількостях - від доль до декількох відсотків (у композиціях їх загальна концентрація складає до 15%), в'язкістні присадки можуть додаватися до 20 - 30% [6]. Хімотологічні і триботехнічні властивості нафтових та біологічних олив істотно відрізняються, тому з метою забезпечення їх оптимального складу необхідно проводити їх змішування в певних пропорціях. Триботехнічні властивості біологічних олив мають кращі властивості [7-10], ніж мінеральні, але поступаються по стійкості до окислення, тому для покращення їх властивостей доцільно вводити до їх складу необхідні багатофункціональні добавки і присадки [11-13].

*Аналіз останніх досліджень.* В даний час добавки до працюючих олив використовуються за наступними варіантами:

- для поліпшення характеристик оливи, наприклад, миючих властивостей, в'язкості (взимку зменшення, влітку збільшення), антифрикційних властивостей;
- для усунення якихось недоліків, пов'язаних із станом агрегату, наприклад підвищений угар оливи, надзвичайне «диміння» або надмірна гучність при роботі;
- для продовження ресурсу вже відпрацьованої оливи або спроби відновити її властивості;
- як профілактичний засіб проти зносу змащувальних деталей;
- як ремонтно - відновлювальний засіб зношених деталей [14-16].

В основному сучасні добавки призначені для роботи з моторними і трансмісійними оливами. Найбільш вивчено (і має масове виробництво) застосування антифрикційних добавок на основі молібдену та його сполук.

Зокрема дисульфід молібдену  $\text{MoS}_2$  має унікальну структуру серед змащувальних матеріалів. Установлено, що високі змащувальні властивості  $\text{MoS}_2$  пояснюються не тільки його фізичними властивостями, але і хімічними реакціями між  $\text{MoS}_2$  і металом. Реакції між  $\text{MoS}_2$  і Fe призводять до утворення сульфідів заліза при температурі  $700^\circ\text{C}$  (зона тертя в циліндрах двигунів), а при більш високих температурах утворюється з'єднання  $\text{MoFeS}_3$ . Як сульфітація заліза, так і утворення  $\text{MoFeS}_3$  сприяє підвищенню зносостійкості плівки. Явище вибіркового переносу полягає в тому, що така плівка утворюється тільки на поверхні пар тертя і можлива тільки при певному поєднанні хімічного складу змащувальних матеріалів і технології обробки сполучених деталей.

Утворена молібденовмісна плівка володіє дуже високими антифрикційними властивостями. На практиці застосовують два способи отримання плівки: створення штучних сполук молібдену, які повністю розчиняються в моторній оливі (таким чином виготовляють препарати «Економін», «Фріктол», «Моліпріз») та застосування





природного з'єднання дисульфиду молібдену (лідером у використанні дисульфиду молібдену є компанія Дау-Кронінг, продукцією цієї компанії користуються провідні фірми - виробники олив і мастил, найбільш відомі її добавки М -55 і Molykote) [6].

Особливе місце серед добавок в моторну оливу займають препарати на основі алмазного пилю. Такі добавки вважаються обкатними, їх застосування допускається не більше одного разу до капітального ремонту двигуна. До складу таких добавок крім алмазного пилю входить також графіт або синтетичний вуглеводень.

Принцип дії добавок на основі алмазного пилю полягає в тому, що частинки алмазного пилю (0,03 ... 0,08 мкм) не призводять до абразивного зносу, а впроваджуються в мікронерівності найбільш напружених ділянок поверхонь тертя, які у зв'язку з цим зміцнюються, природний знос сповільнюється. Чималу роль у цьому процесі відіграють домішки графіту, що містяться в добавці - вони служать свого роду противозадирними елементами. Істотним достоїнством цих добавок є їх хімічна нейтральність і висока температурна стійкість (тисячі градусів). Інші добавки при таких температурах або згорають, утворюючи продукти, що сприяють абразивному зносу, або втрачають свої властивості, або розкладаються на речовини, що негативно впливають на властивості змащувальних матеріалів. З препаратів даного типу найбільш відома добавка «Деста».

Найбільш поширеними добавками для моторних олив є добавки на основі полімерів, зокрема на основі політетрафторетилену (ПТФЕ). Це обумовлено унікальним поєднанням його властивостей: висока пластичність, хімічна і термічна стійкості, високі антифрикційні можливості, особливо при високих питомих навантаженнях. Розрізняють так звані наповнені і ненаповнені фторопласти. Наповнені фторопласти - це композиційні матеріали з наповнювачами з різних м'яких металів (свинцю, олова, срібла, міді), сплавів (бронзи, латуні), сполук (оксид свинцю, дисульфід молібдену) - це металополімери. Як наповнювачі використовують і інші речовини, наприклад, графіт і кераміку. Клас препаратів на основі політетрафторетилену далеко не однорідний. Умови застосування добавок до оливи на основі ПТФЕ обмежується їх температурною стабільністю, вони зберігають свої властивості тільки при температурах від -20 до +200°C, що недостатньо для сучасних високонанвантажених двигунів. До можливих негативних наслідків застосування добавок на основі тефлону слід віднести також можливість закупорки каналів системи змащення.

З відомих вітчизняних препаратів даного типу найбільш розповсюджені «Форум» (Фторорганічний вуглецевий матеріал), «Аспект - модифікатор» і Форсан. Зарубіжні препарати: Engine Treatment Weth Dupont Teflon - добавка на основі тефлону виробництва



американської компанії, Protect - 100 - також американська, на основі тефлону STP- XEP2 та інші. Фірми - виробники стверджують, що добавки є високоефективним засобом для запобігання всіх елементів двигуна від зносу. Про недоліки і обмеження в застосуванні препаратів відомостей немає.

В останні роки широко рекламується застосування добавок, принцип дії яких не розкривається, в приватності американських виробників: Duralube і Energy Release. Duralube в перекладі з англійської - довготривала олива. Вона створена на нафтовій основі, не містить шкідливих компонентів - свинцю, молібдену та інших. До складу Duralube входять поверхневоактивні речовини, що містять іони металів. На поверхні тертя метали відновлюються з іонів до вільного стану. Даний засіб пропонують називати кондиціонером металів. Повідомляється, що препарат містить позитивно заряджені іони, які проникаючи в поверхню металу, створюють шар з «унікальними фізичними властивостями» [6].

Добавка Energy Release в перекладі з англійської - визволитель енергії. Препарат являє собою колоїдний розчин іонів заліза, які в умовах високих температур і тиску взаємодіють з поверхневим шаром металу, заповнюючи «вакансії» його кристалічної решітки. У результаті зменшуються мікросероховатості поверхні тертя.

З російських аналогів відома добавка феном. За даними розробників механізм дії російського феномена полягає в наступному. У зоні тертя сполучених металевих поверхонь за рахунок високих температур і тиску відбувається деструкція мастильного матеріалу з виділенням атомарного водню, що інтенсифікує процес водневого зносу металу. Активні радикали Феномен нейтралізують водень і «утилізують» продукти деструкції мастильних матеріалів, перетворюючи їх на фази вуглецю в алмазоподібний стан, а також формують сервовітний (захисний) шар з атомарно чистого заліза. Таким чином, в зоні тертя на поверхневому шарі металу Феномен формує шарувату структуру, що складається з атомарно чистого заліза і фаз вуглецю в алмазоподібному стані. В результаті тертьові поверхні взаємодіють через м'який і тонкий сервовітний шар, і сполучені деталі відчувають тільки пружні деформації. Це призводить до зниження інтенсивності зношування. За заявами розробників феномен може бути використаний у всіх областях, де присутні пари тертя, сумісний з усіма видами ПММ, пригнічує ефект водневого зношування металу в зоні тертя, уповільнює процес старіння мастильних матеріалів, не горючий і не токсичний.

В цілому, в даний час все розмаїття пропонованих «ринком» добавок до змащувальних матеріалів, призначених безпосередньо для покращення триботехнічних властивостей поверхонь деталей двигунів,



інших агрегатів і вузлів машин можна умовно розділити на наступні класи:

Модифікатори тертя (тефлон, дисульфід молібдену та ін), містять у своєму складі дрібнодисперсні частинки і формують на поверхні тертя деталей захисні плівки, що володіють легким зсувом в площині ковзання, що знижує тертя, але практично не захищає від зношування тертьові пари.

Кондиціонери металу, що впливають безпосередньо на метал тертьових поверхонь деталей, створюють захисний (сервовітний) шар, що знижує тертя і знос і захищає від задирів. Кондиціонери металу типу ER і ФЕНОМЕН та ін., не відновлюють зношені поверхні пар тертя, а формують на поверхнях самовідновлювальну залізну плівку з чистого заліза, товщиною близько  $250\text{Å}$  [11].

Ці препарати не змінюють фізико - хімічні показники моторних і трансмісійних оливо і використовують їх в якості носія для доступу до вузла тертя. Кондиціонери металу забезпечують стійкий противозносний ефект навіть при масляному голодуванні у випадку витоку оливи.

Для автомобілістів вони становлять найбільший інтерес, оскільки дозволяють вирішити два не взаємозалежні між собою завдання: одночасно понизити тертя і знос, тобто за рахунок зниження втрат на тертя і покращити експлуатаційні характеристики мобільної техніки (знижити витрату палива, поліпшити розгінну динаміку і ін.), а за допомогою зменшення зносу суттєво збільшити їх ресурс.

Реметаллізанти – ремонтно-відновлювальні складові, що нарощують замість зношеного металу пар тертя машин композиції типу «мідь - свинець - срібло» і т. д., до цього ж класу відносяться ремонтно - відновлювальні складові (РВС), що представляють собою багатокомпонентні дрібнодисперсні системи природних мінералів, здатних утворювати з поверхневим шаром металу в місцях тертя металокерамічний захисний шар (МКЗС) з унікальними властивостями. Препарати цього класу мають певну «спеціалізацію» - відновлювати розміри зношених поверхонь деталей в режимі штатної експлуатації, і використовуються в основному для обробки двигунів з високим ступенем зносу, що становить певний інтерес при використанні препаратів стосовно до ремонту сільськогосподарської техніки. Фізичний знос деталей компенсується утворенням на поверхнях тертя плівок важких металів або металокераміки. Найбільш відомі складові «Рімет», «Хадо», «Lubzifilm», «Motor Doctor» та інші.

РВС-технології - це принципово нові технології відновлення зношених сполучень деталей вузлів і механізмів машин. Вони забезпечують відновлення сполучень в режимі штатної експлуатації, без зупинки і розбірки. РВС-технології дозволяють не тільки



відновлювати зношені сполучення, а й збільшувати зносостійкість поверхонь деталей і їх ресурс, забезпечувати економію ПММ та енергоресурсів.

Продукт (РВС) - це дрібнодисперсна, багатокомпонентна суміш мінералів, добавок, каталізаторів.

Основною сировиною для його виготовлення є геомодифікатори: шунгіт, серпентиніт і нефрит. Розмір часток 1...10 мкм. РВС в оливах не розчиняється, в хімічні реакції з ними не вступає, в'язкість не змінює. Геомодифікатори (РВС) показують найкращі результати в елементах трансмісії. Володіючи високими мастильними, водо- і грязевідштовхуючими властивостями, РВС істотно знижують знос і температуру в зоні тертя, в тому числі у відкритих вузлах, таких, як цепна передача, шарніри карданних валів та ін. За хімічним і фазовим складом вони найчастіше являють собою суміш класичного магнезіально-залізного силікату (змінний  $Mq_6(Si_4O_{10})(OH)_8$ ), що є формою цілого ряду мінеральних руд класу олівінів, кінцевими фазами якого є форстерит  $Mq_2SiO_4$  і фаяліт  $Fe_2SiO_4$ , а також у незначних кількостях кремнезему  $SiO_2$  і доломіту  $CaMq(CO_3)_2$ . При роботі обробленого вузла активні компоненти металокераміки вступають у взаємодію з контактуючими ділянками деталей і формують на цих ділянках металокерамічний шар, який частково відновлює дефекти поверхонь тертя і володіє високими антифрикційними і противозносними властивостями.

Для донесення РВС до поверхні тертя може бути використаний будь-який рідкий носій (масло, гас, спирт, вода та інші). Потрапляючи на поверхню тертя й контакту працюючих механізмів, частинки РВС модифікуються самі і модифікують поверхні в кілька етапів:

- руйнування частинок РВС виступами мікрорельєфів сполучених деталей;
- очищення мікрорельєфу плям контакту сполучених деталей;
- щільна нагартовка частинок РВС в поглибленнях мікрорельєфу контактуючих поверхонь;
- утворення МКЗС (проходження реакції заміщення з утворенням нових кристалів, складових МКЗС).

Отриманий МКЗС не має різкої межі між собою і металом, з яким він утворився. За своєю природою він не чужий металу. Частинки РВС абсорбують атомарний водень, запобігаючи водневе розтріскування. МКЗС має однаковий зі сталлю, з якою він утворився, коефіцієнт лінійного термічного розширення. Коефіцієнт тертя деталей, покритих МКЗС, аномально низький, 0,003...0,007. МКЗС - діелектрик і вогнетривкий. Температура його руйнування - 1500 ... 1600° С. Стійкий до корозії. Може поновлюватися в міру його зношування, проводячи додаткові РВС - обробки.



У Санкт-Петербурзі створена ресурсо - і енергозберігаюча технологія - Синтезатор Металів ФорсанТМ. Цей продукт не є присадкою, сумісний з будь-якими мастильними матеріалами, дозволяє повністю запобігти контакту «метал - метал», синтезуючи в місцях контакту захисний шар, що володіє властивостями металокераміки, відновлює і зміцнює поверхню, зупиняє знос тертьових пар, володіє довговічним ефектом. ФорсанТМ - це складна мінеральна композиція, вводиться між поверхнями тертя за допомогою носія (оливи, фреону, антифризу і т.д.). Синтез металокерамічного захисного шару відбувається за рахунок наявності в ФорсанТМ особливо чистої фуллеренної композиції, яка очищує поверхню тертя і формує на ній МКЗС.

Аналог російського препарату - український «Хадо». Це дрібнодисперсна, багатокомпонентна суміш мінералів з добавками каталізаторів, сумісна з будь-якими видами олив і використовує їх як носій, не є присадкою.

Крім добавок, що впливають на трибологічні властивості системи змащення, є спеціальні добавки, які призначені покращувати миючі властивості олив, відновлювати властивості стандартного пакета присадок олив, наприклад реаніматори в'язкості і термічної стійкості моторної оливи.

Миючі добавки виготовляються двох типів:

- для регулярного використання перед кожною заміною оливи. Такі композиції містять компоненти, які не тільки видаляють шлак і осадки, але і нейтралізують кислоти і зменшують знос;
- найбільшою зручністю в застосуванні володіють добавки - промивки, що отримали назву «п'ятихвилинок». Після заливки препарату в оливу промивка триває від 5 до 20 хв.

Останнім часом спостерігається комплексний підхід до створення добавок. До їх складу входять, як правило, миючі, антифрикційні, що підвищують в'язкість, антикорозійні з'єднання, а також детергенти, які запобігають відкладанню і дисперсанти, які підтримують продукти згоряння в підвішеному стані. Для різних типів олив і змащувальних систем розроблені і різні види добавок. Новим у цьому напрямку вважається розробка добавок з використанням принципів нанотехнології, тобто речовини (добавки) містять у своєму складі активні функціональні наноматеріали, наночастинки або формують на поверхні тертя захисні наноструктурні шари, що запобігають зносу деталей.

Однак, для введення до товарної оливи добавок і присадок необхідне дороге спеціальне обладнання. Окрім цього не всі присадки сумісні між собою, що може призвести в одному випадку до ефекту - синергізму, а іншому до ефекту - антагонізму. Виходячи із





літературних джерел, відомо, що мінеральні і біологічні оливи добре змішуються. Тому необхідно провести триботехнічні дослідження по встановленні відсоткового співвідношення біологічної і мінеральної олив та визначити оптимальний склад багатофункціональної присадки, яка відповідала умовам роботи гідросистем [17-20].

*Формулювання цілей статті.* Метою статті є дослідження триботехнічних властивостей сумішевих рідин для прогнозування ресурсу вузлів і агрегатів сільськогосподарської техніки.

*Основна частина.* Триботехнічні дослідження проводили на машині тертя СМЦ-2 (рис.1), моменти тертя вимірювали за допомогою маятникового динамометра. Втрати на тертя в кінематичному ланцюзі установки СМЦ-2, при випробуванні за схемою «ролик-ролик», виключали почерговим виміром моментів на випереджаючому і відстаючому роликах після їх припрацювання.

Коефіцієнти тертя при випробуваннях визначали по формулі:

$$f = \frac{0,5 \cdot (M_{T.\text{вип}} + M_{T.\text{від}})}{Q \cdot R}, \quad (1)$$

де  $(M_{T.\text{вип}} + M_{T.\text{від}})$  - моменти тертя, виміряні відповідно на випереджаючому і відстаючому роликах;

Q - навантаження на ролик;

R - радіус ролика, на якому вимірювали момент тертя.

Моменти тертя  $M_{T.\text{вип}} + M_{T.\text{від}}$  визначали як середнє арифметичне трьох послідовно виміряних значень моментів тертя при ступінчастому збільшенні і ступінчастому зменшенні навантаження. Таким чином, розрахунковий момент тертя для визначення коефіцієнта тертя отримували за результатами шести послідовних вимірів моментів тертя, що дозволяло з високою мірою точності виключати з вимірюваних моментів тертя моменти втрат в кінематичному ланцюзі установки СМЦ-2 і, отже, визначати достовірні значення коефіцієнта тертя в контакті.

Для виключення втрат на тертя в кінематичному ланцюзі установки СМЦ-2 при випробуванні за схемою «ролик-ролик» коефіцієнти тертя визначали по формулі:

$$f = \frac{(M_T - |\Delta M_T^1|)}{Q \cdot R}, \quad (2)$$

де  $M_T'$  - момент тертя, виміряний на випробовуваному ролику;



$\Delta M_T'$  - момент втрат на тертя в кінематичному ланцюзі роликів випробувальної установки.

Момент втрат на тертя в кінематичному ланцюзі установки визначали по формулі:

$$\Delta M_T^1 = 0,5(M_{T.вип}^1 - M_{T.від}^1), \quad (3)$$

де  $(M_{T.вип}^1 - M_{T.від}^1)$  - момент тертя, виміряний відповідно на випереджаючому і відстаючому роликах. Моменти тертя  $(M_{T.вип}^1 - M_{T.від}^1)$  заміряють по черзі при випробуванні за схемою «ролик-ролик» при таких же значеннях питомих навантажень і окружних швидкостях, які реалізуються для ролика.

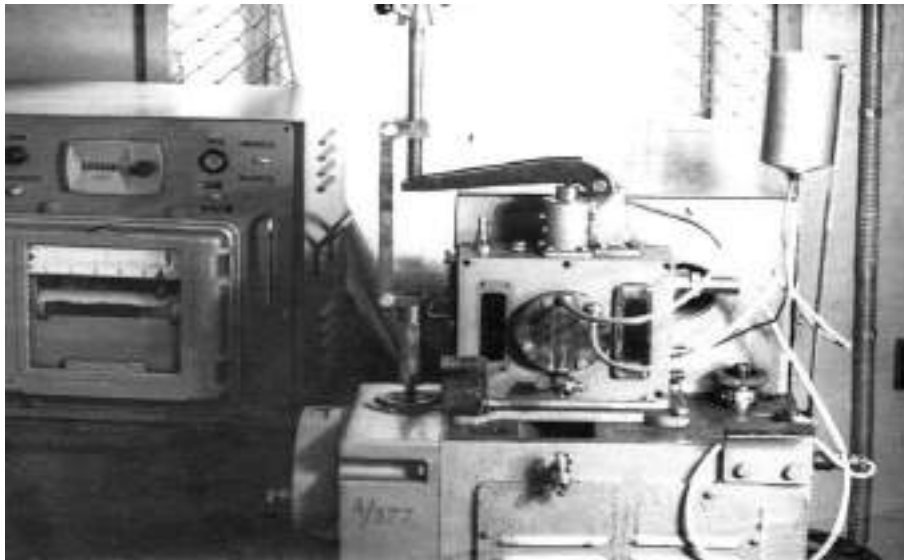


Рисунок 1. Загальний вигляд машини тертя СМЦ-2 системи «ролик-ролик»

Проведені дослідження дозволили встановити основні параметри, що впливають на коефіцієнт тертя, це швидкість відносного переміщення, контактне напруження в сполученні і кількість присадки.

Одним із основних параметрів, є швидкість відносного переміщення -  $V$  (X1). Швидкість відносного переміщення знаходилась в діапазоні від 0,48 до 3,37 м/с.

Величина коефіцієнта тертя залежить від контактного напруження -  $\sigma$  (X2). Контактне напруження змінювалось від 250 до 570 МПа. Крім того, на величину коефіцієнта зносу впливає кількість присадки -  $Q$  (X3), яка змінювалась в межах 2...10%.



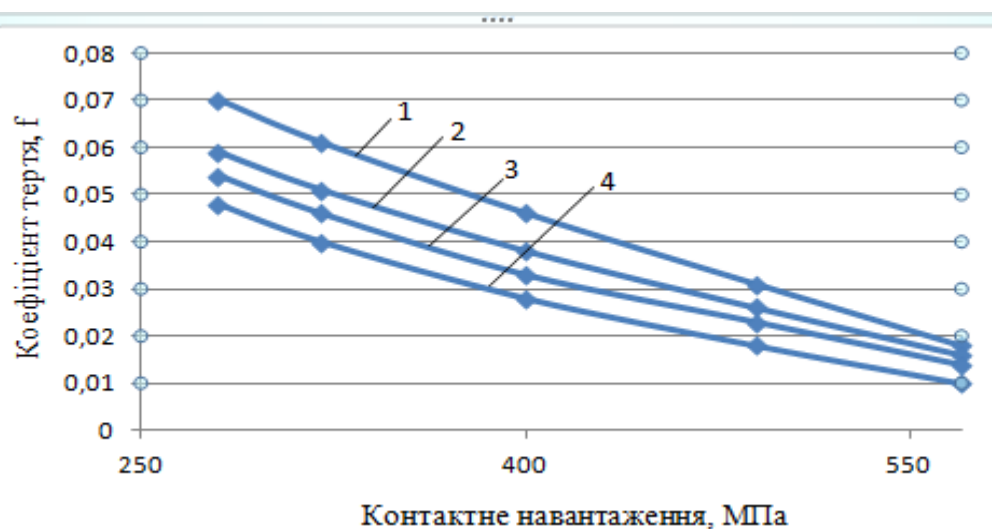
Обробка експериментальних даних проводилась за стандартною програмою MatLab на комп'ютері з використанням коефіцієнтів регресії, рівнів достовірності та критеріїв Стьюдента.

Математична модель має вид (використовуються тільки значимі коефіцієнти  $B_{ij}$ ):

$$Y = 0,02525 - 0,00225 X_1 - 0,00225 X_2 - 0,0015 X_3 + 0,00275 X_1 X_2$$

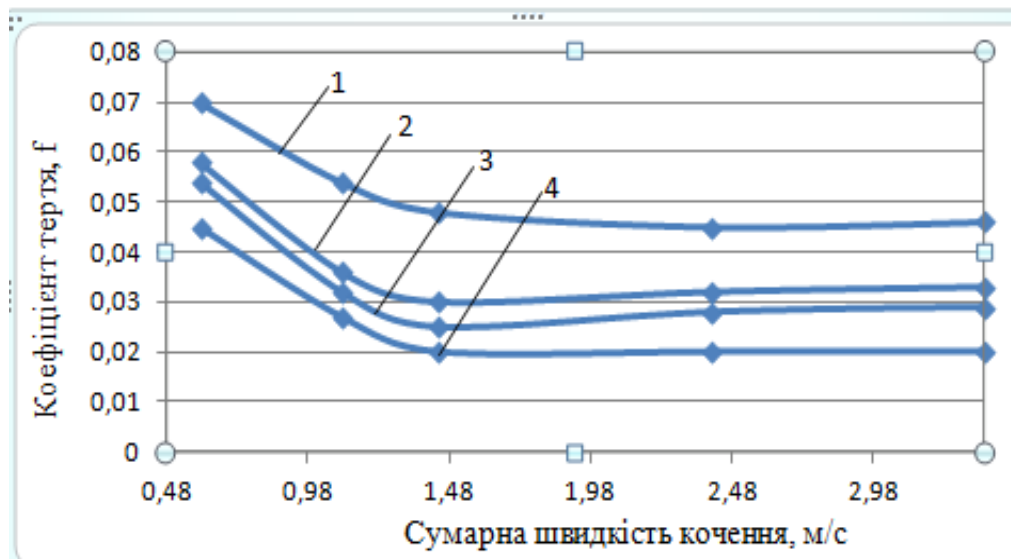
З рівняння регресії видно, що найбільший вплив на коефіцієнт тертя відіграє швидкість відносного переміщення і контактне напруження. Найменший вплив на коефіцієнт тертя відіграє кількість присадки в оливи.

Детермінуючи контактний тиск ( $X_2$ ), по трьох рівнях варіювання, отримані залежності коефіцієнта тертя від швидкості відносного переміщення ( $X_1$ ) і кількості присадки в оливі ( $X_3$ ). Графічні залежності для мінеральних олив і сумішевих олив (40% мінеральної M10B<sub>2</sub> і 60% ріпакової оливи (PO)) наведені на рисунках 2-8.



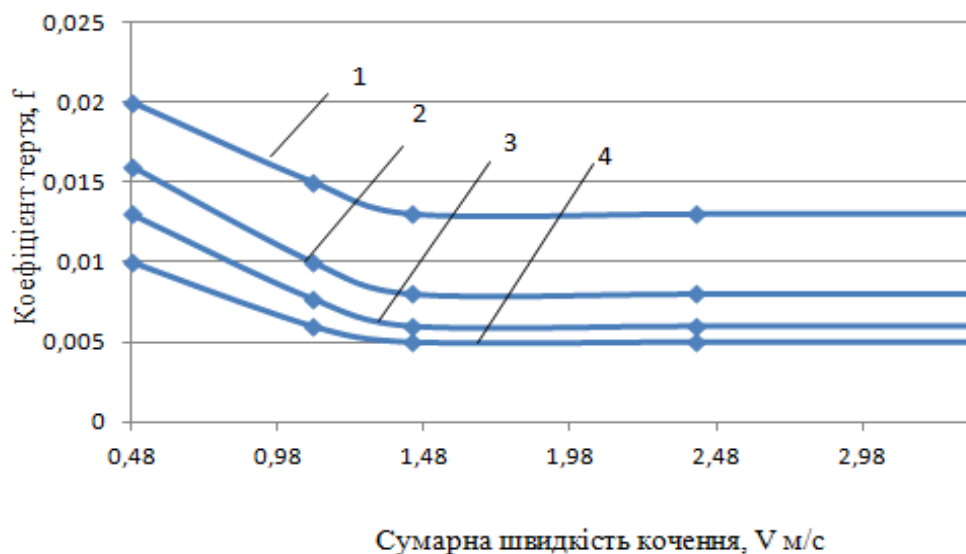
1 - олива мінеральна M10B<sub>2</sub> при 16<sup>0</sup> С; 2 - олива мінеральна M10B<sub>2</sub> при 70<sup>0</sup> С; 3 - суміш (40% РО і 60% M10B<sub>2</sub>) при 16<sup>0</sup> С; 4 - суміш (40% РО і 60% M10B<sub>2</sub>) при 70<sup>0</sup> С

Рисунок 2. Залежність коефіцієнтів тертя  $f$  від контактного навантаження



1 - олива мінеральна M10B<sub>2</sub> при 16<sup>0</sup> С; 2 - олива мінеральна M10B<sub>2</sub> при 70<sup>0</sup> С; 3 - суміш (40% РО і 60% M10B<sub>2</sub>) при 16<sup>0</sup> С; 4 - суміш (40% РО і 60% M10B<sub>2</sub>) при 70<sup>0</sup> С

Рисунок 3. Залежність коефіцієнтів тертя  $f$  від сумарної швидкості кочення і температури при контактному навантаженні 250 МПа



1 - олива мінеральна M10B<sub>2</sub> при 16<sup>0</sup> С; 2 - олива мінеральна M10B<sub>2</sub> при 70<sup>0</sup> С; 3 - суміш (40% РО і 60% M10B<sub>2</sub>) при 16<sup>0</sup> С; 4 - суміш (40% РО і 60% M10B<sub>2</sub>) при 70<sup>0</sup> С

Рисунок 4. Залежність коефіцієнтів тертя  $f$  від сумарної швидкості кочення і температури при контактному навантаженні 570 МПа

Залежності коефіцієнтів тертя від кількості присадки в оливі, контактному навантаженню трибоспряжень і швидкості відносного переміщення наведені на рис. 5-7.

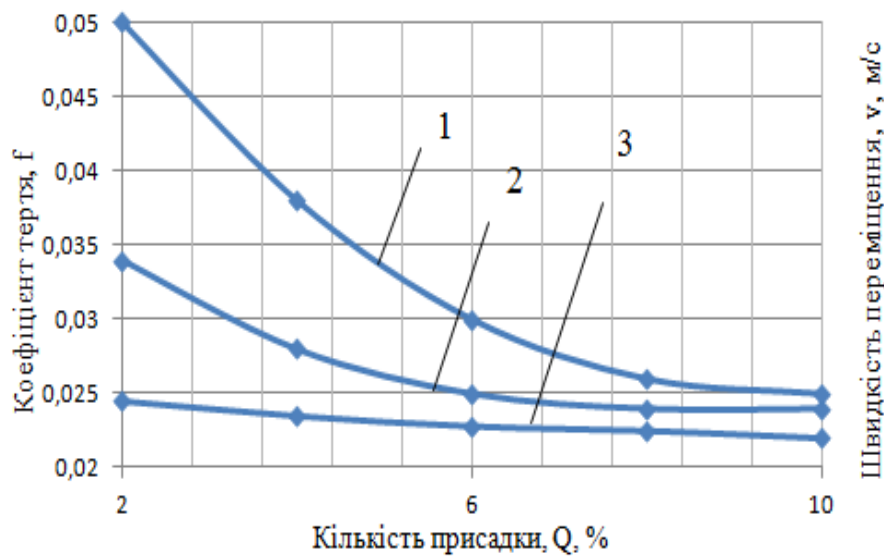


Рисунок 5. Залежність коефіцієнтів тертя  $f$  від кількості присадки в оливі  $Q$ , швидкості відносного переміщення  $V$  при контактному навантаженні 250 МПа

Швидкість відносного переміщення: 1 - 0,48 м/с; 2 - 1,44 м/с; 3 - 3,37 м/с

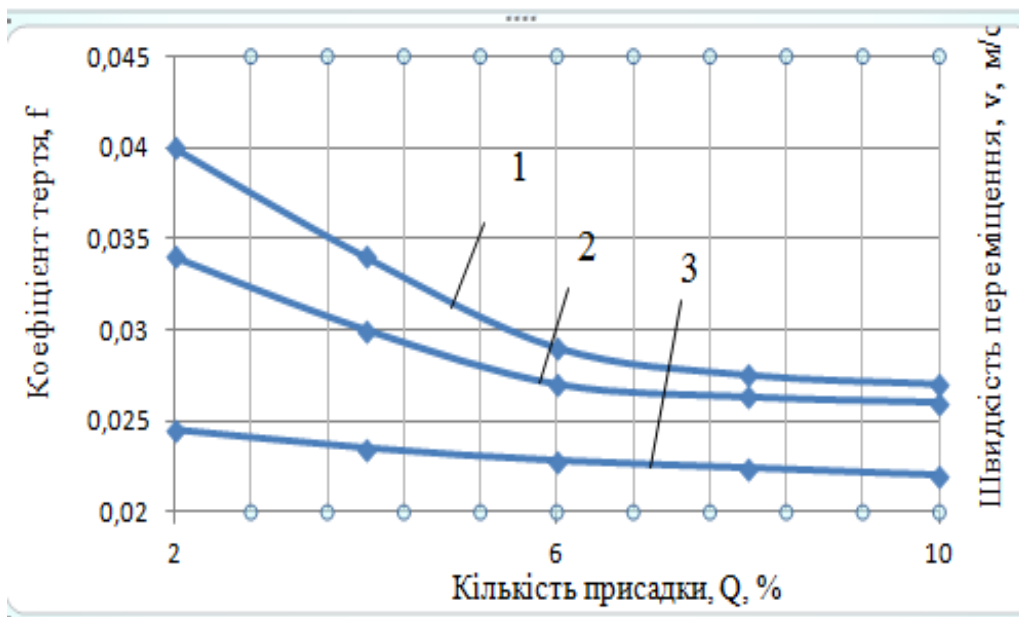


Рисунок 6. Залежність коефіцієнтів тертя  $f$  від кількості присадки в оливі  $Q$ , швидкості відносного переміщення  $V$  при контактному навантаженні 410 МПа

Швидкість відносного переміщення: 1 - 0,48 м/с; 2 - 1,44 м/с; 3 - 3,37 м/с

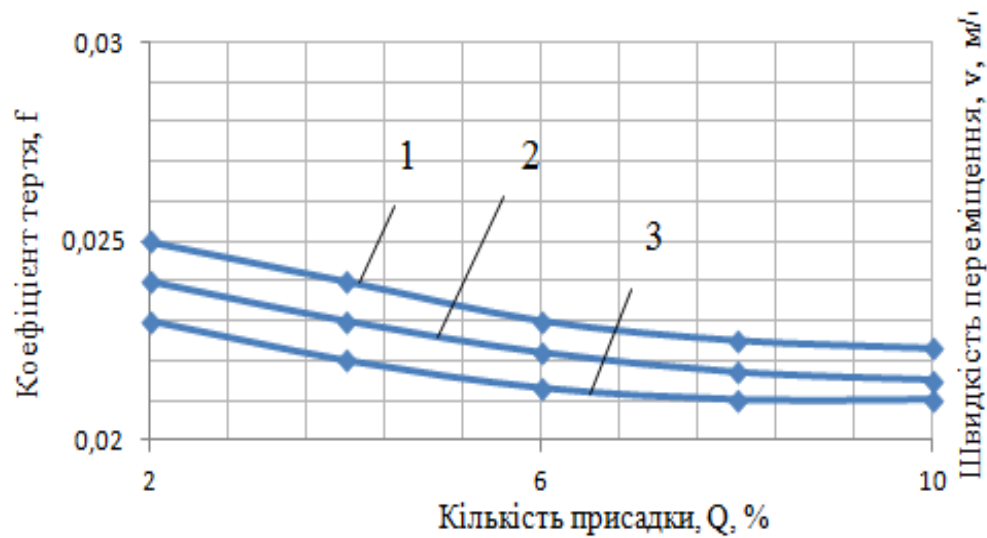


Рисунок 7. Залежність коефіцієнтів тертя  $f$  від кількості присадки в оливі  $Q$ , швидкості відносного переміщення  $V$  при контактному навантаженні 570 МПа

Швидкість відносного переміщення: 1 - 0,48 м/с; 2 - 1,44 м/с; 3 - 3,37 м/с

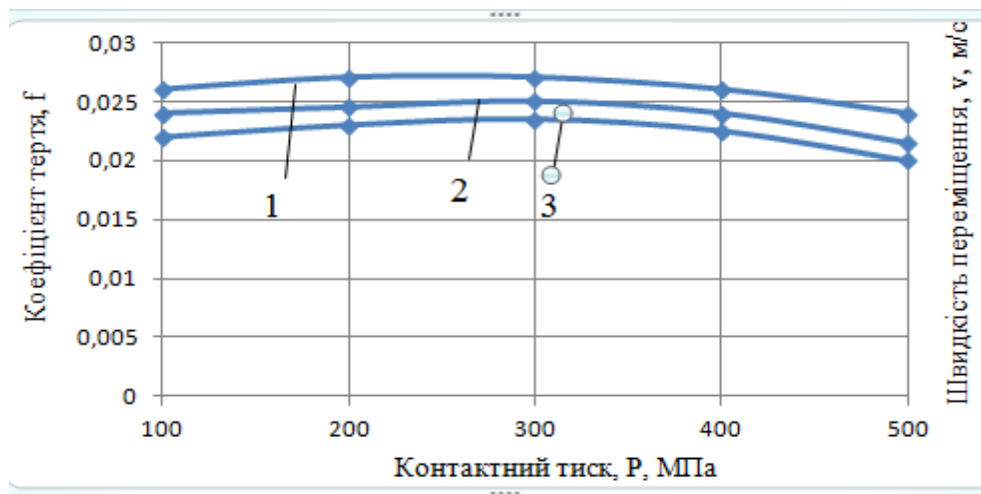


Рисунок 8. Залежність коефіцієнтів тертя  $f$  від контактної навантаження  $P$  і швидкості відносного переміщення  $V$  при кількості присадки в оливі  $Q = 6...8\%$

Швидкість відносного переміщення: 1 - 0,48 м/с; 2 - 1,44 м/с; 3 - 3,37 м/с

В якості матеріалу зразків пар тертя в усіх випробування використовувалася конструкційна сталь 18ХГТ по ГОСТ 4543-81.

Режим навантаження і швидкісного для усіх випробувань відповідав умовам роботи гідросистем сільськогосподарської техніки.



Партії зразків, виготовлялись за єдиною технологією з розмірами і параметрами шорсткості в межах, встановлених допуском і піддавалися контрольному аналізу. Визначалася їх твердість, мікротвердість поверхневих шарів на глибину не менше 0,03 мм.

Результати контрольного аналізу заносили в протокол випробувань.

При випробуваннях зносу на машині тертя СМЦ - 2 фіксувалася температура в зоні зношування за допомогою термопари "ХК" і потенціометра ПСМГ - 0,1 і записували силу тертя.

Сумарний знос у будь-якому сполученні є функцією часу напрацювання:

$$U = \varphi(T). \quad (4)$$

Коефіцієнт тертя теж є функцією часу напрацювання:

$$f = \varphi(T). \quad (5)$$

Тому, сумарний знос в сполученні вал-втулка також є функцією коефіцієнта тертя  $U = \varphi(f)$ .

Трибологічні властивості матеріалів в процесі зношування визначаються коефіцієнтом зносу, який є функцією швидкісних, силових і конструктивних особливостей сполучення. Коефіцієнт зносу матеріалів описується залежністю:

$$K_U = \frac{[U]_{gp}}{V \cdot T \cdot P}, \frac{мкм}{Па \cdot км} \quad (6)$$

де  $[U]_{gp}$  - граничний знос сполучення, мкм;  $V$  - швидкість переміщення, км/год;  $T$  - час напрацювання, год.;  $P$  - питомий тиск, Па.

З даного рівняння, час напрацювання сполучення до граничного зносу, буде мати вид:

$$T = \frac{[U]_{gp}}{V \cdot P \cdot K_U}, \text{ год.} \quad (7)$$

Номограма залежності сумарного зносу від коефіцієнтів тертя і контактної навантаження в сполученні наведені на рис. 9.



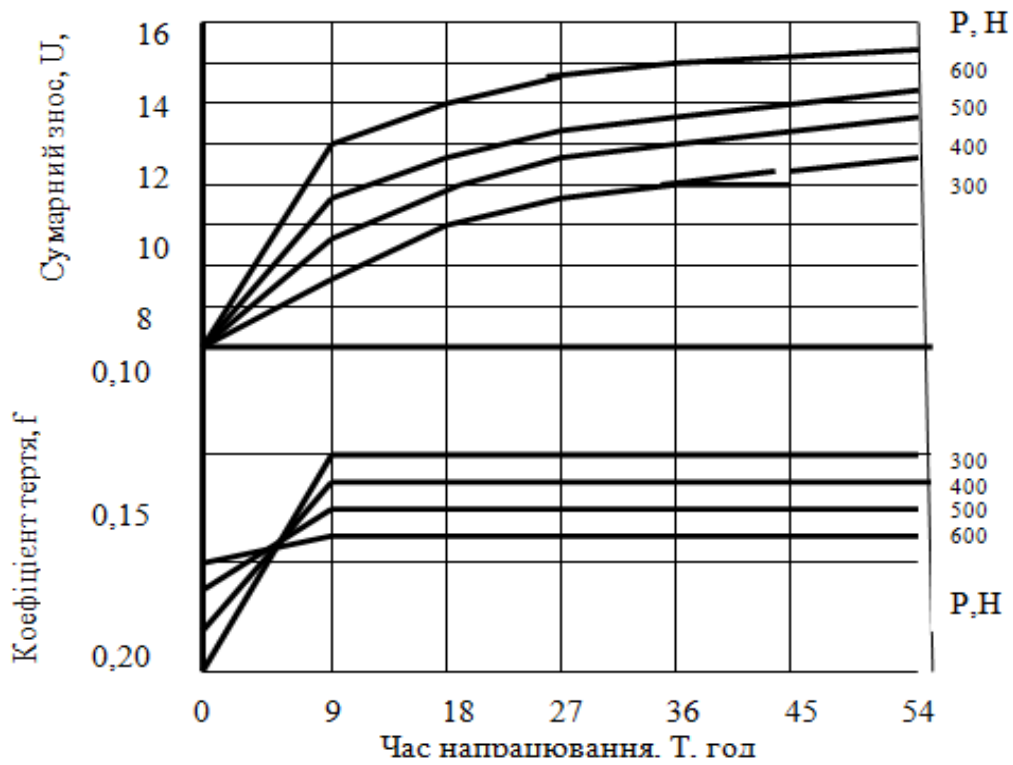
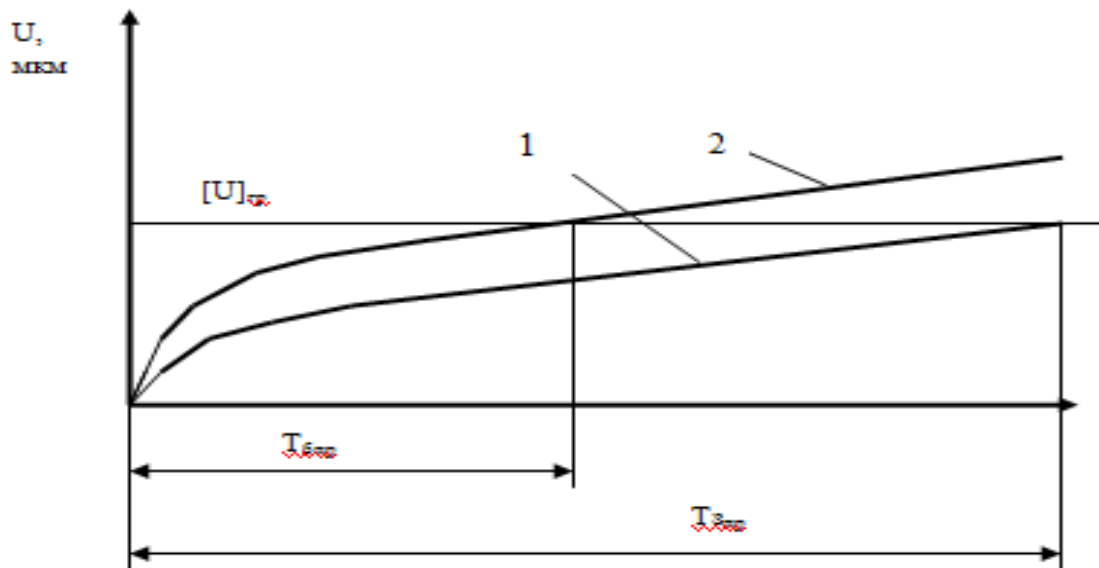


Рисунок 9. Номограма залежності сумарного зносу від коефіцієнтів тертя і контактного навантаження в сполученні

Зміна термінів напрацювання сполучення на сумішевих оливах без присадки і з присадкою наведені на рисунку 10.



1 - з присадкою, 2 - без присадки.

Рисунок 10. Визначення термінів напрацювання сполучення залежно від змащувальних матеріалів



*Висновки.* В результаті проведених досліджень встановлено, що:

1. Одними із основних параметрів, що визначають коефіцієнт тертя деталей сполучення є контактний тиск, швидкість відносного переміщення деталей і кількість присадки в оливі.

2. Оптимальний вміст присадки SMT 2514 в оливу, для забезпечення мінімального коефіцієнта тертя, повинен складати в межах 6...8%.

3. Найкращі триботехнічні характеристики спостерігаються при швидкостях відносного переміщення  $V=1,5...2,0$  м/с і при контактному тиску  $P=250...300$  МПа.

Список використаних джерел

1. Мороз Н. Н. Структурний аналіз надійності зерноуборочного комбайна. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. Кіровоград, 2006. Вип. 36. С. 94-100.

2. Diagnostics of Engine oil of Internal Combustion Engine by Electrophysical Method of Control / A. G. Vozmilov et al. *Proceedings - 2018 Global Smart Industry Conference, GloSIC3*. 2018. 8570137. DOI: 10.1109/GloSIC.2018.8570137.

3. 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.

4. Ishizaki K., Nakano M. Reduction of CO<sub>2</sub> emissions and cost analysis of ultra-low viscosity engine oil. *Lubricants*. 2018. Vol. 6, № 4. 102. DOI: 10.3390/lubricants6040102.

5. 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.

6. Ostrikov V. V., Vigdorovich V. I., Safonov V. V., Kartoshkin A. P. Development of a Technological Process and Composition of Flushing Oil for Diesel Engines. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. 2018. Vol. 54, № 1. P. 24-28.

7. Журавель Д. П. Особливості використання олив біологічного походження для мобільної техніки. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. 2014. Вип. 2. С. 157-165.

8. Журавель Д. П. Раціональне використання біологічних олив для мобільних енергетичних засобів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*. 2020. Вип. 10, т. 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-9.

9. Журавель Д. П. Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах



паливо-мастильних матеріалів. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2016. Вип. 10/3(31). С. 66-71.

10. Дідур В. А., Журавель Д. П. Надежность мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биологических топливо-смазочных материалов *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК*. 2016. Вип. 251. С. 69-78.

11. Кідалов О. О. Покращення триботехнічних властивостей змащувальних олиव для мобільної техніки. *Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., (м. Мелітополь, 14-25 квітня 2016 року)*. Мелітополь, 2016. С. 126-128.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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. DOI: 10.1016/j.measurement.2017.08.037.

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

16. Alie A., Darwito P. A. Improve of engine oil lifetime by using additional filter A case study at PT Vale Indonesia TBK. *AIP Conference Proceedings*. 2019. 2088. 020004. DOI: 10.1063/1.5095256.

17. Wolak A. Changes in Lubricant Properties of Used Synthetic Oils Based on the Total Acid Number. *Measurement and Control*. 2018. Vol. 51, № 1. P. 65-72. DOI: 10.1177/0020294018770916.

18. A review of the performance and emission characteristics of a stationary diesel engine fueled by schleicheraoleosa oil methyl ester (Some), blends of neem biodiesel, Rice bran biodiesel, palm and palm Kernel oil, Jatropha oil / A. P. Senthil Kumar et al. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*. 2019. Vol. 9 (Special Issue 2). P. 857-861.



19. 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.

20. 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. DOI: 10.1080/17515831.2018.1558026.

Стаття надійшла до редакції 15.02.2021р.

**D. Zhuravel, A. Bondar**  
**Dmytro Motornyi Tavsria state agrotechnological university**

### **FORECASTING TRIBOSIS RESOURCES FOR USE OF MIXTURAL OILS**

#### **Summary**

The article discusses the prospects for the use of mixed oils for mobile energy vehicles. Units and aggregates of functional systems of mobile agricultural machinery are often operated under extreme conditions where the lubrication efficiency can not be achieved by the use of hydrocarbon oils. Only complex synthetic or biological oils with improved properties can have a complex combination of required properties, that is, slight changes in viscosity, high lubricating properties over a wide temperature range, chemical stability, resistance to aging and oxidation. The promising direction of creating new lubricant compositions is the use of alternative types of vegetable base oils, in particular rapeseed oil. The rapeseed oil contains triglycerides, esters and fatty acids: palmitic, stearic, oleic, linolenic, erucic and others, which increase the lubricating ability of the oil under conditions of extreme friction due to the firm adhesion to the metal surface, prevents direct contact with the friction pair. In addition, lubricants should not be biodegraded, do not change their storage and regeneration properties, are easy to transport and do not cause environmental pollution. The structure of the limiting lubricant layers is determined by the physical and chemical properties of the molecules that form the films, and the state and nature of the solid surface. Surfaces may be formed from the lubricant by adsorption, chemisorption or tribochemical reactions. Strong adsorption layers on metals form surface-active substances: fatty acids, their alcohols and esters, animal and vegetable fats, amides, amines and their derivatives of biological oils. Since the formation of films occurs according to the adsorption laws, it depends on the concentration of polar substances in the lubricant and temperature. The efficiency of the lubricant is determined, firstly, by the structural features of the friction unit, that is, the type, size, nature of the motion of the surfaces of friction, and the like. and, secondly, the lubrication system and the type of material that is contacted during the operation, as well as the operating conditions of the friction unit and the dates of the replacement of the lubricant. Therefore, the use of mixing oils with improved properties is an urgent solution to the issue of rational use of them to ensure reliable and efficient work of mobile agricultural machinery.

**Key words:** forecasting, resource, tribosystems, mixed oils, additives, reliability, agricultural machinery.



**Д.П. Журавель, А.Н. Бондарь**  
**Таврический государственный агротехнологический университет имени**  
**Дмитрия Моторного**

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА ТРИБОСИСТЕМ ПРИ**  
**ИСПОЛЬЗОВАНИИ СМЕСЕВЫХ МАСЕЛ**

*Аннотация*

В статье рассмотрены перспективы использования смесевых масел для мобильных энергетических средств. Установлено, что эффективность смазочного материала определяется, во-первых, конструктивными особенностями узла трения, то есть типом, размером, характером движения поверхностей трения и т.п. и, во-вторых, системой смазки и видом материала, с которым контактирует в процессе работы, а также условиями эксплуатации узла трения и сроками замены смазочного материала. Наиболее актуальным направлением создания новых смазочных сред является использование смесевых масел минерального и растительного происхождения. Привлечение растительных масел и животных жиров, то есть 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. Поэтому использование смесевых масел с улучшенными свойствами является актуальным решением вопроса рационального использования их для обеспечения надежной и эффективной работы мобильной сельскохозяйственной техники.

**Ключевые слова:** прогнозирование, ресурс, трибосистемы, смесевые масла, присадки, надежность, сельскохозяйственная техника.



УДК 628.32

С.І. Мовчан, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-8665-482X

Л.М. Чернишова, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-7593-369X

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: msi.movchan@gmail.com

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ШЛЯХОМ ОТРИМАННЯ ВОГНЕТРИВІВ

**Анотація.** В статті наведено методику отримання вогнетривів на основі неорганічного клею як продукту реакції шламів гальванічних цехів з сірчаною та фосфорною кислотами, яку апробовано авторами в лабораторних і промислових умовах. Утилізація осаду який утворюється, при обробленні стічних вод відбувається з подальшим застосуванням продукту реакції. Відходи гальванічного виробництва після зневоднення на фільтрпресі до вологості 75...80% направляють в камеру з нагрівачем, в яку додають розчини концентровано сірчану і фосфорну кислоти. Утворюється в'язка темно-зелена рідина щільністю 1,67 г/см<sup>3</sup>. Електрокорунд ретельно перемішують з різною кількістю клею і закладають у форми. Після сушіння при визначеній температурі виготовлені зразки випробовують на міцність. Властивості вогнетривів на основі неорганічного клею, характеризується підвищеною водостійкістю завдяки обробленню розчином цементу. На основі експериментальних досліджень авторами наведено результати випробувань зразків на міцність з сухим і вологим електрокорундом. За результатами випробувань встановлено, що питома вага отриманих зразків зростала від 0,57 до 0,9 г/см<sup>3</sup> при збільшенні вмісту клею, у той час як міцність падала. Більшою міцністю володіли склади з малим вмістом клею. Чим більше сполучного, тим активніше йшла реакція утворення фосфатів, виділення газів, в результаті чого отримували більш пористу структуру з низькою міцністю. Більш міцні зразки отримували, якщо наповнювачем був сухий електрокорунд. У разі вологого складу наповнювача, молекули води заважали утворенню полімерних ланцюгів поліфосфатів хрому, алюмінію, в результаті чого отримували зразки низької міцності.

**Ключові слова:** стічні води, відходи гальванічного виробництва, вогнетриви, осад, сірчана кислота, фосфорна кислота, клей,





електрокорунд, фільтрпрес.

*Постановка проблеми.* Захист навколишнього середовища в зв'язку з ростом населення планети є в даний час актуальною проблемою. Обсяг стічних вод машинобудівних та інших підприємств з гальванічними лініями зростає. Це пов'язано з підвищенням ступеня очищення стічних вод, зростанням промислового виробництва та міського населення. Для зберігання необробленого осаду потрібні значні земельні площі, що створює серйозні загрози вторинного забруднення навколишнього середовища [1].

Тому основним завданням технології обробки осаду є отримання продукту, нешкідливого в санітарному відношенні. Його якісний склад і властивості повинні забезпечувати можливість подальшого використання в народному господарстві. Велику проблему представляє обробка та утилізація стічних вод гальванічних і травильних відділень машинобудівної промисловості. Внаслідок того, що такі стічні води, що містять іони важких металів, їх складування на міських звалищах заборонено. Тому актуальною є розробка процесу утилізації осаду стічних вод з подальшим застосуванням продукту реакції.

*Аналіз останніх досліджень.* Технології поводження з відходами передбачають декілька шляхів їх перероблення, поводження та/або вилучення цінних компонентів та ін. На перевагу розроблення еколого-безпечних технологій поводження з відходами промислових підприємств необхідно відзначити наступне, що відходи, переважної більшості промислових підприємств, містять відходи, частка яких потенційно може бути використана для подальшої переробки і використання в різних галузях виробничої та господарчої діяльності.

Для забезпечення екологічної безпеки при утилізації осадів, рідких відходів та ін. розглянуто технології, інженерно-технічні рішення, в основу яких покладено конструктивні й конструкторські рішення, які розроблені для конкретного виробництва.

В способі підготовки й перероблення відходів гальванічного виробництва який виконується на пристрої для зневоднення осадів, камер: реакції, змішування, сушіння, блоку перероблення осадів і блоку стабілізації зневодненого осаду, відходи гальванічного виробництва, вологістю 30...50 % та питомою ваги 800-2000 кг/м<sup>3</sup>, із вмістом гідроксидів важких металів, та інших забруднень, які утворюються при обробленні стічних вод гальванічного виробництва у вигляді зневоднених осадів спрямовуються у збірнику відходів, в яких накопичуються концентровані гідроксиди важких металів, солей важких металів тощо [2].

Повний замкнений цикл підготовки, перероблення та утилізації осадів гальванічних відділень передбачено виконувати в Спосіб утилізації осадів гальванічних. За технологічним рішенням



передбачено зневоднені відходів промислового виробництва та послідовного оброблення їх у камерах реакції, змішування та сушіння, при цьому, відходи зневоднюються на барабанному вакуум-фільтрі, далі вони спрямовуються до камери реакції, до якої одночасно додають мінеральні компоненти у якості добавок з метою інтенсифікації оброблення відходів гальванічного виробництва, на заключному етапі суміш висушують та надають відповідної форми. Схема цього способу складається з пристрою для зневоднення осадів, камер реакції, змащування, сушіння та блока перероблення осадів [3].

Забезпечення екологічної безпеки найбільш агресивних відходів передбачає їх захоронення на спеціалізованих звалищах відходів. У тому числі, побутових, на території яких передбачено окремі ділянки. А зневодненні відходи, в яких частково або повністю вилучені шкідливі забруднення складають. Попередньо вживши заходи, що їх відокремлення і запобігання від попадання на них снігу чи дощу. Одним з них є метод зневоднення осаду до вологості 75...85% з наступним похованням [4, 5].

З розгляду перспективи використання техногенної сировини пропонується метод знешкодження осаду, що утворюється при очищенні стічних вод гальванічних виробництв, додаючи фосфорну кислоту, з подальшим використанням в якості пігменту. В результаті нерозчинні ортофосфати важких металів перетворюються в сполуки яскравого забарвлення. Використання відходів, в якості пігменту, обмежено кількістю цієї сировини і умовами їх використання. Остання обставина обумовлена не лише екологічною небезпекою, а й небезпекою для працівників, що використовують шкідливий розчин у виробничій діяльності [6].

Для визначення напрямків утилізації гальванічних шламів науковцями вивчено кількісний і фазовий склад відходів гальванічних виробництв різних підприємств України. В роботі показано, що багато шлами після попереднього відпалу і підшихтовки придатні для виготовлення забарвлених глазурей. Були отримані глазурні покриття від оливково-сірого до темно-зеленого забарвлення при використанні доломітового концентрату. Глазурі на основі фритт 33 і 26, в залежності від складу і кількості шламу були пофарбовані у всі відтінки коричневого кольору: від бежевого до чорного. Дослідно-промислові партії відповідали вимогам діючих стандартів [7].

Важливим напрямком знешкодження та утилізації кислот, що утворюються при обробленні металів в чорній та кольоровій промисловості, вилуговуванні металів тощо.

Автори статті [8] досліджували вплив різних кислот на вилуговування металів, зокрема хрому і нікелю з відходів гальванічних виробництв. Залізо, хром і нікель вилуговували в розчині сірчаної



кислоти при кімнатній температурі 50...60 °С з 10% сірчаною кислотою. Час екстракції становило 0,5 год. Відновлення заліза, хрому і нікелю було досягнуто до 99,7% і 99,46%, і 98,0% відповідно [8]. За результатами досліджень порівняли три методи знешкодження гальванічних шламів на основі цинку і заліза:

- знешкодження оксидом кальцію;
- перетворення в інертний матеріал шляхом адсорбції органічних і неорганічних забруднювачів на активоване вугілля;
- перетворення компонентів мобільних відходів у нерозчинні фосфати.

Усі три методи виявилися досить ефективними при конверсії небезпечних відходів в інертний матеріал. Так концентрація цинку в фільтраті в шламі скоротилася на 99,7 % порівняно з необробленим мулом. При обробці шламу активованим вугіллям утримання цинку становить 99,9 %. При обробці фосфорною кислотою – 98,7 %. Переваги гальванічного методу обробки осаду активованим вугіллям перед двома іншими методами – висока сорбційна здатність, незначна рН, об'ємні зміни мулу і простота використання [9]. Автори дослідження знешкоджували гальванічний шлам з ванни цинкування виробів оксидом кальцію (CaO). Дотримуючись технологічних аспектів затвердіння, концентрації Cr (VI), Fe, Cu і Zn були знижені до 92, 44, 66, 57 разів, відповідно, порівняно з необробленими зразками. Додавання 50% CaO в шлам призводило тим самим перетворення небезпечних відходів в інертний матеріал, придатний для поховання або повторного використання в будівельних процесах [10]. На початку, технологічного регламенту, видаляли катіонів заліза і тривалентного хрому вилуговуванням (з допомогою фосфатного процесу). Потім додатково обробляли розчин наступними методами для відновлення двовалентних металів:

- видалення кадмію шляхом цементації
- вилучення цинку шляхом екстракції розчинником
- відновлення нікелю і кобальту шляхом осадження у вигляді гідроксидів металів

Однак схема процесу достатня складна, тому за результатами наступних досліджень, рекомендується проводити її в централізованих очисних спорудах [11].

Розроблені еколого-безпечні способи поводження з рідкими відходами промислового виробництва передбачають проведення повного замкнутого циклу, щодо знешкодження шкідливих забруднень та/або їх нейтралізації. Крім того, технологічними операціями передбачено видалення надлишкової вологи, формування отриманих виробів і складування на спеціалізованих майданчиках звалищ твердих побутових відходів [12].



В системі поводження з відходами гальванічного виробництва з вертикальним магнітним транспортером встановлено блок з вертикальним магнітним транспортером, що створює умови для підвищення ефективності видалення механічних домішок, поширення функціональних можливостей та забезпечення екологічної безпеки отриманого виробу при його складуванні в межах площадок [13].

Аналіз публікацій періодичних наукових видань показує різні шляхи утилізації гальванічних шламів. Пропонується метод знешкодження з отриманням матеріалу на основі відходів гальванічного виробництва.

Питаннями оброблення осадів (шламів), рідких відходів, які утворюються при обробленні стічних вод займалися видатні вчені, фахові спеціалісти та інженери: Яковлев С. В., Олійник О. Я., Епоян С. М., Пантелят Г. С., Болотських М. С., Туровська І. С., Терещук А. І., Корінько І. В., Євілевич А. З. та ін.

Крім наведених інженерно-технічних розробок спеціалістів і науковців у галузі поводження з відходами промислового та побутового сектору країни, питаннями перероблення рідинних відходів, шламів, осадів і відходів різного ступеня небезпеки в країні займалися і продовжують займатись

Аналіз публікацій періодичних наукових видань, окремі дослідження, спрямовані на оброблення рідких відходів і шламів показує різні шляхи утилізації гальванічних шламів. Враховуючи не лише оброблення осадів і рідких відходів, а також забезпечення екологічної безпеки у вищезначених процесах визначає актуальність обраного напрямку наукових досліджень.

*Формулювання мети статті.* Враховуючи наведений аналіз літературних джерел, аналіз і актуальність обраного напрямку досліджень метою роботи є розроблення способу утилізації осадів гальванічного виробництва шляхом отримання вогнетривів із застосуванням продуктів реакції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. На основі проведених досліджень розробити технологічну блок-схему отримання вогнетривів на основі неорганічного клею як продукту реакції шламів гальванічних цехів з сірчаною і фосфорною кислотами.

2. На основі проведених досліджень осадів гальванічного виробництва визначити оптимальний склад хімічних компонентів електрокорунду.

3. З метою подальшого використання вогнетривів провести випробування зразків на міцність з вмістом сухого і вологого електрокорунду, із різним кількісним складом клею.



*Основна частина.* В якості досліджуваного матеріалу вивчались рідкі відходи, шлами, осади, які утворюються від процесів оброблення стічних вод гальванічного виробництва. Основу осаду зеленого кольору складала гідроксида важких металів хрому, заліза, цинку, кальцію (до 80%), зв'язані з кристалізаційною водою. Були також карбонати, сульфідні цих металів, мінеральні домішки та поверхнево-активні речовини з іншими органічними речовинами. Хімічний склад відходів гальванічного виробництва, який обрано в якості об'єкту досліджень, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

## Хімічний склад досліджуваного осаду

Компоненти осаду	$Cr(OH)_3$	$Fe(OH)_3$	$Ca(OH)_2$	$Zn(OH)_2$	Мінеральні домішки	Органічні речовини
Вміст ваг.,%	53,6	3,2	10,0	14,1	10	9,1

Після зневоднення на фільтр-пресі до вологості 75...80%, осади спрямовуються до камери з нагрівачем, з додаванням розчинів концентрованих сірчаної і фосфорної кислоти. Кислоти вступають у реакцію з кристалізаційною водою, карбонатами, органічними речовинами, що містяться в осаді. При цьому, відбувається руйнування кристалізаційної структури осаду, органічних речовин, утворення полімерних сполук металів. Після цього відбувалась обробка отриманого розчину при 100°C протягом 60...90 хвилин. Утворювалась темно-зелена рідина великої в'язкості, щільністю 1,67 г/см<sup>3</sup>.

В подальшому використання 100 грамів електрокорунду ретельно перемішували з різною кількістю клею (40 г; 45 г; 50 г; 60 г; 70 г; 80 г) і закладали у спеціальні форми. Потім витримували при кімнатній температурі протягом 10 годин і висушували при температурі 180°C у сушильній шафі протягом, не менш ніж, 2 годин, потім наступної години прожарювали зразки при температурі 300°C. На заключному етапі виготовлені зразки випробовували на міцність.

Наступною метою дослідження було випробування отриманих зразків на водостійкість, кислотостійкість і обробка зразків розчином цементу.

Для експерименту були взяті зразки виготовлені з сухим електрокорундом. Зразки були витримані протягом доби в нейтральному, кислому і лужному середовищах, після чого визначили концентрацію  $Cr^{3+}$  в розчинах, потім концентрацію хрому вимірювали через 6 діб. Результати дослідження представлені в таблиці. Об'єм розчину становив 200 мл, вага зразка до 20 грамів. Показник рН зразків вимірювали через 20 хвилин безперервного перемішування при кімнатній температурі, потім рН середовища стабілізувався.



Таблиця 2

Випробування зразків на міцність з сухим і вологим електрокорундом

Склад зразка	Площа поперечного перетину, м <sup>2</sup>	Навантаження, що витримується, кг	Напруга, мПа
40 г клея+100 г електрокорунду			
Сухий електрокорунд	3,8 x 3,7 0,0014	1400	10
Вологий електрокорунд	3,9 x 3,8 0,0015	950	6,3
45 г клея+100 г електрокорунду			
Сухий електрокорунд	0,0014	1520	10,9
Вологий електрокорунд	0,0015	1070	7,1
50 г клея+100 г електрокорунду			
Сухий електрокорунд	0,0018	1450	8,1
Вологий електрокорунд	0,0016	930	5,8
60 г клея+100 г електрокорунду			
Сухий електрокорунд	0,0016	850	5,8
Вологий електрокорунд	0,0016	400	2,4
70 г клея+100 г електрокорунду			
Сухий електрокорунд	0,0016	450	2,8
Вологий електрокорунд	0,0015	220	1,4
80 г клея+100 г електрокорунду			
Сухий електрокорунд	0,0014	360	2,6
Вологий електрокорунд			

Таблиця 3

Зміна середовища при витримці зразка в різних середовищах протягом доби

Склад зразка	H <sub>2</sub> O дист. ΔрН	[Cr <sup>3+</sup> ], мг/л після доби	Розчин цементу Δ рН	[Cr <sup>3+</sup> ], мг/л після доби	Розчин цементу, подвійна обробка	[Cr <sup>3+</sup> ], мг/л після доби
40 г клею + 100 г сухого електрокорунду	3,08	0,1	0	0,05	0,05	0,3
45 г клею + 100 г сухого електрокорунду	0,5	1	0,4	0,1	0,4	0,8
50 г клею + 100 г сухого електрокорунду	3,7	0,5	0,4	0,1	0,5	0,83
60 г клею + 100 г сухого електрокорунду	3,85	-	0,35		0,4	-



На рис.1 наведено зміна концентрації хрому при обробці зразків кислим, нейтральним, лужним розчинів протягом 1 доби.

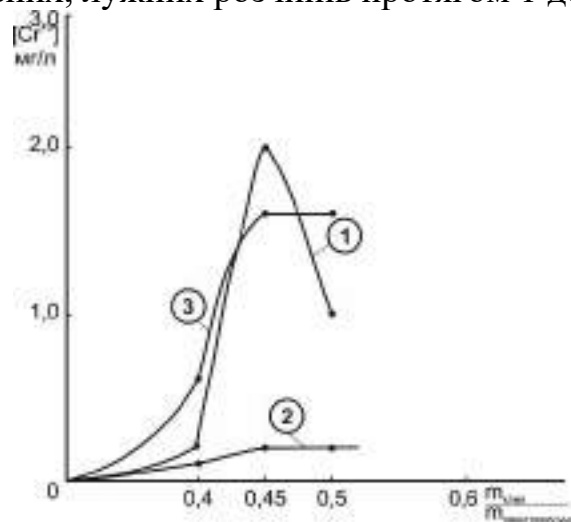
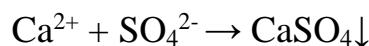


Рисунок 1. Зміна концентрації хрому при обробці зразків кислим, нейтральним, лужним розчином протягом 1 доби

В результаті дослідів спостерігаємо значну зміну рН у нейтральному середовищі, в лужному середовищі максимальна зміна рН дорівнює 0,5, що в 7 разів менше, ніж у нейтральному середовищі. У кислому середовищі рН практично не змінюється, максимальне  $\Delta\text{pH} = 0,15$ .

Надлишок сульфатів-іонів  $\text{SO}_4^{2-}$  на поверхні зразка реагує з іонами:



Також спостерігається виділення заліза на поверхні зразків. Вміст хрому в розчинах після 1 доби невелике, причому із збільшенням співвідношення маси клею до маси електрокорунду концентрація хрому зростає, крім того висока пористість матеріалу сприяє проникненню води всередину зразка, насичуючи іонами  $\text{Cr}^{3+}$  розчин, починаючи з  $m$  клею /  $m$  електрокорунду дорівнює 0,45. Це показано на графіку залежності концентрації хрому (III) від співвідношення  $m$  клею до маси електрокорунду при обробці зразка протягом не менш ніж 6 діб (рис. 2).

Якщо відношення:  $m$  клею /  $m$  електрокорунду має значення  $\leq 0,45$ , то зміст  $[\text{Cr}^{3+}]$  змінюється на 0,01 мг/л, при співвідношенні  $m$  клею /  $m$  електрокорунду, коли значення  $\geq 0,45$  різко зростає, що наочно підтверджується на графіку. Отже оптимальним складом для виготовлення міцних і водостійких зразків є склад 40 г клею (з  $\text{H}_2\text{SO}_4$  із гідроксидів важких металів) + 100 г електрокорунду.

Отже оптимальним складом для виготовлення міцних і водостійких зразків є склад 40 г клею (з гідроксидів важких металів) + 100 г електрокорунду.

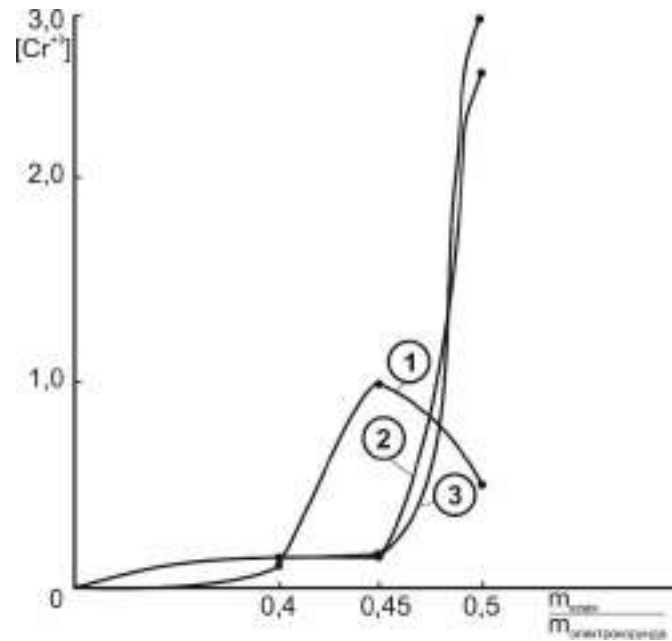


Рисунок 2. Залежність концентрації хрому (III) від співвідношення маси клею до маси електрокорунду при витримці зразків в різних середовищах на протязі 6 діб.

Для підпорядкованого проведення експериментальних досліджень пропонується наступна послідовність технологічних операцій отримання вогнетривів на основі неорганічного клею як продукту реакції шламів гальванічних цехів з сірчаною та фосфорною кислотами та електрокорунду (рис. 3).

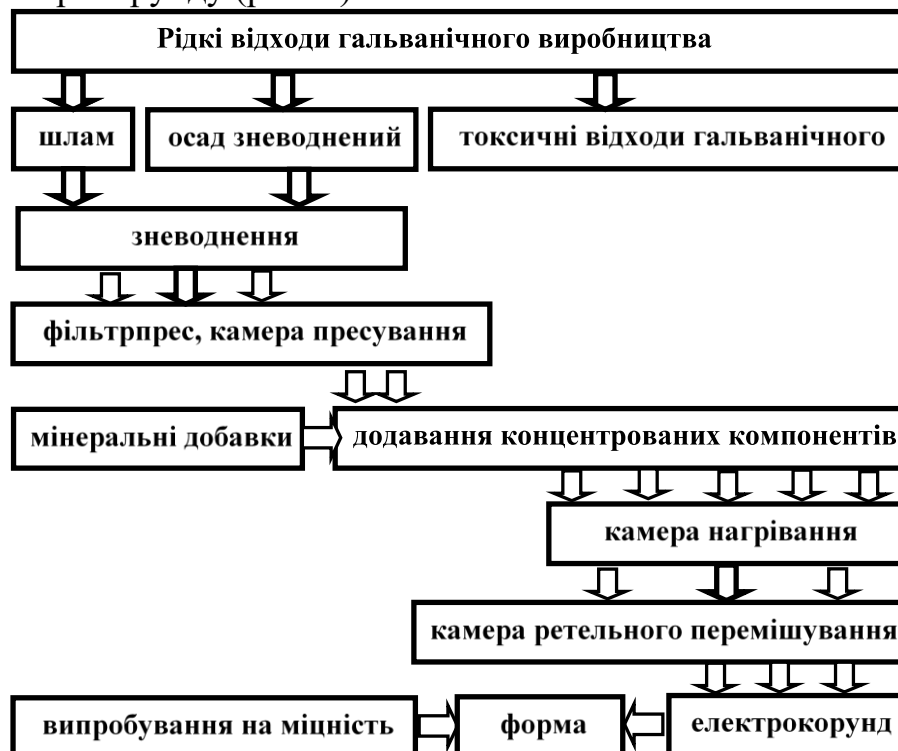


Рисунок 3. Блок-схема утилізації осадів, які утворюються при обробленні стічних вод гальванічного виробництва



Спосіб утилізації осадів стічних вод гальванічного виробництва у якому осади зневоднюють, нагрівають, з додаванням розчинів кислот, ретельно перемішують з додаванням розчину неорганічних матеріалів і мінеральні добавки, формують, знову сушать і проводять випробування зразків на міцність (рис. 3).

*Висновки.* За результатами проведених досліджень, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки утилізації осадів, які утворюються при обробленні стічних вод гальванічного виробництва, запропоновано блок-схему, в якій поетапно наведено технологічні операції отримання вогнетривів на основі неорганічного клею як продукту реакції шламів гальванічних цехів з сірчаною та фосфорною кислотами та електрокорунду. Компоненти осаду який досліджувався, містить вагову частину (у %), становить наступні значення:  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  - 53,6,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  - 3,2;  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  - 10,0;  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  - 14,1; мінеральні домішки – 10 і органічні речовини – 9,1, що утворився при обробленні стічних вод гальванічного виробництва. Випробування зразків на міцність з сухим і вологим електрокорундом проведено для площі поперечного перерізу зразків 3,8 x 3,7 см ( $0,0014 \text{ м}^3$ ) при їх витримці в різних середовищах на протязі не менше 6 діб. Оптимізовано кількісний склад для виготовлення міцних і водостійких зразків, який становить кількість 40 г клею (з гідроксидів важких металів) + 100 г електрокорунду, розчин цементу  $\Delta \text{pH}$  знаходився в діапазоні до 0,35...0,4.

#### Список використаних джерел

1. Пинаев А. В. Миграция ионов тяжелых металлов в почву при захоронении осадков сточных вод гальванического производства: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Тольятти, 2006. 18 с.
2. Спосіб підготовки й перероблення відходів гальванічного виробництва: пат. 138139 Україна: МПК  $\text{C}02 \text{ F}11/00$ . / С. І. Мовчан. №  $\text{u} 201903853$ ; заявл. 15.04.2019, опубл. 25.011.2019, Бюл. № 22.
3. Спосіб перероблення осадів гальванічних відділень: пат. 105153 Україна: МПК<sup>7</sup> (2016.01)  $\text{C}02\text{F} 11/00$  / С. І. Мовчан. №  $\text{u} 2015 07761$ ; заявл. 04.08.2015, опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5.
4. Любарский В. М. Осадки природных вод и методы их обработки. Москва: Стройиздат, 1980. 129 с.
5. Definition of waste recovery and disposal operations / K. Sander, D. Jepsen, S. Schilling, C. Tebert; Institute for environmental strategies (Hamburg, Germany). Nernstweg 32-34, D-22765. Final report. Hamburg, 2004. P. 168.
6. Перспективы получения связующих и пигментов из техногенного сырья для фосфатных фасадных красок / И. П. Добровольский, С. Е. Денисов, В. А. Абызов, А. Б. Селихов. *Вестник ЮУрГУ*. 2012. № 17. С. 48-50.



7. Утилизация гальванических шламов / А. Н. Синюшкин, В. И. Супрунчук, Е. В. Иванюк, О. Б. Костоглод. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2012. № 2/14 (56). С. 58-61.
8. Garole D. J., Garole V. J., Dalal D. S. Recovery of metal value from electroplating sludge. *Research Journal of Chemical Sciences*. 2012. Vol. 2, № 3. P. 61-63.
9. Inertisation of galvanic sludge with calcium oxide, activated carbon, and phosphoric acid / V. Oreščanin et al. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*. 2012. Vol. 63, № 3. P. 337-344. DOI: 10.2478/10004-1254-63-2012-2171.10.
10. The bulk composition and leaching properties of electroplating sludge prior following the solidification stabilization by calcium oxide / V. Oreščanin et al. *Journal of Environmental Science and Health*. 2009. Part A 44(12). P. 1282-1288. DOI: 10.1080/10934520903140082.
11. Twidwell L. G., Dahnke D. R. Treatment of metal finishing sludge for detoxification and metal value. *The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection. Metallurgical Engineering*. 2001. Vol. 1, № 2. 1303-0868. P. 76-88.
12. Еколого-безпечні способи поводження з рідкими відходами промислового виробництва: авторські права на твір / С. І. Мовчан. № 67543; заявка № 68161 від 04.07.2014 р. Дата реєстрації 02.09.2016 р.
13. Система підготовки та переробки відходів гальванічного виробництва з вертикальним магнітним транспортером: пат. 146090 Україна: МПК<sup>7</sup> B01D33/00 / В. М. Кюрчев, С. І. Мовчан. № 202004979; заявл. 03.08.2020, опубл. 21.01.2021, Бюл. № 3.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2021р.

**S. Movchan, L. Chernyshova**  
**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY WASTEWATER RECYCLING OF ELECTROPLATING PRODUCTION BY OBTAINING REFRACTORIES**

### *Summary*

A method for obtaining refractories based on inorganic glue as a reaction product of sludge from electroplating shops with sulfuric and phosphoric acids, which was tested by the authors in laboratory and industrial conditions in the article, is presents. The resulting sludge recycling during wastewater treatment with the subsequent use of the reaction product is carried out. The waste from electroplating production after dewatering on a filter press to a humidity of 75...80% is sent to a chamber with a heater, into which solutions of concentrated sulfuric and phosphoric acids are added. A viscous dark green liquid with a density of 1,67 g/cm<sup>3</sup> is formed. Aluminum-oxide abrasive is thoroughly mixed with different amounts of glue and placed in molds. After drying at a certain temperature, the manufactured samples are tested for strength. Properties of refractories based on inorganic glue are characterized by increased water resistance due to treatment



with a cement solution. Based on experimental studies, the authors are presents the results of testing samples for strength with dry and wet aluminum-oxide abrasive. According to the test results, it was found that the specific density of the obtained samples increased from 0,57 to 0,9 g/cm<sup>3</sup> with increasing glue content, while the strength decreased. Compositions with a low glue content had for the most strength. The more binder, the more active the reaction of phosphate formation and gas release was, resulting in a more porous structure with low strength. Stronger samples were obtained if the filler was dry aluminum-oxide abrasive. In the case of a wet filler composition, water molecules interfered with the formation of polymer chains of chromium and aluminum polyphosphates, resulting in low-strength samples.

**Key words:** wastewater, waste from electroplating production, refractories, sludge, sulfuric acid, phosphoric acid, glue, aluminum-oxide abrasive, filter press.

**С.И. Мовчан, Л.Н. Чернышёва**

**Таврический государственный агротехнологический университет  
имени Дмитрия Моторного**

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПУТЁМ ПОЛУЧЕНИЯ ОГНЕУПОРОВ**

#### *Аннотация*

В статье представлена методика получения огнеупоров на основе неорганического клея как продукта реакции шламов гальванических цехов с серной и фосфорной кислотами, которая апробирована авторами в лабораторных и промышленных условиях. Утилизация осадков, образующихся при обработке сточных вод, проводилась с дальнейшим использованием продуктов реакции. Отходы гальванического производства после обезвоживания на фильтр-прессе до влажности 75...80% направлялись в камеру с нагревателем, в которую добавлялись концентрированные растворы серной и фосфорной кислот. При этом образовывалась вязкая темно-зелёная жидкость плотностью 1,67 г/см<sup>3</sup>. Электрокорунд тщательно перемешивали с разным количеством клея и помещали в специальные формы. После сушки, при определённой температуре полученные образки исследовали на прочность. Свойства огнеупоров на основе неорганического клея, характеризовались повышенной водостойкостью, чему способствовала обработка раствором цемента. На основе экспериментальных исследований авторами приведены результаты испытаний образцов на прочность с сухим и влажным электрокорундом. По результатам испытаний установлено, что удельный вес полученных образцов возрастал от 0,57 до 0,9 г/см<sup>3</sup> при увеличении содержания клея, в то время как прочность падала. Большей прочностью обладали составы с малым содержанием клея. Чем больше связующего, тем активнее шла реакция образования фосфатов, выделение газов, в результате чего получали более пористую структуру с низкой прочностью. Более прочные образцы получали с наполнителем сухого электрокорунда. В случае влажного состава наполнителя, молекулы воды мешали образованию полимерных цепей полифосфатов хрома, алюминия, в результате чего получали образцы низкой прочности.

**Ключевые слова:** сточные воды, отходы гальванического производства, огнеупоры, осадок, серная кислота, фосфорная кислота, клей, электрокорунд, фильтр-пресс.



УДК 336.767:338.431

Г. І. Грицаєнко, к.е.н., доц.

ORCID: 0000-0001-7168-2836

М. І. Грицаєнко, к.е.н., доц.

ORCID: 0000-0003-2507-771X

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

e-mail: halyna.hrytsaienko@tsatu.edu.ua

## ЕКОЛОГІЧНІ ІНВЕСТИЦІЇ ЯК ПРІОРИТЕТНИЙ НАПРЯМОК РОЗВИТКУ АГРАРНОЇ СФЕРИ ЕКОНОМІКИ

**Анотація.** В статті проаналізовано місце України в міжнародному Індексі процвітання та субіндексі природного середовища, зроблено загальний висновок про незадовільне еколого-економічне становище. Досліджено динаміку розмірів капітальних інвестицій в охорону природного навколишнього середовища в Запорізькій області та в Україні в цілому, розподіл капітальних інвестицій в регіональному розрізі та за видами природоохоронних заходів. Запропоновано активізувати випуск «зелених» облігацій та «зелене» кредитування, в аграрній сфері – впровадження екологічно безпечних технологій, посилення екологічного контролю, стимулювання органічного виробництва. Використання одержаних результатів дозволить визначити напрями інституційних перетворень, які сприятимуть стимулюванню розвитку екологічного інвестування як пріоритетного напрямку розвитку аграрної сфери економіки.

**Ключові слова:** капітальні інвестиції, охорона природного навколишнього середовища, «зелені» облігації, «зелене» кредитування, еколого-економічне становище, аграрна сфера економіки

**Постановка проблеми.** Пріоритетним напрямком розвитку національної економіки в XXI столітті для багатьох країн стала концепція зеленої економіки, сутність якої полягає в покращенні добробуту людей і створенні соціальної справедливості при одночасному зниженні екологічних ризиків і дефіциту.

Вважаємо, що в пошуку шляхів вирішення основних екологічних проблем слід звернути увагу на екологічні інвестиції – капітальні інвестиції на охорону навколишнього природного середовища. На жаль, стан еколого-економічного розвитку України внаслідок енергота ресурсоємності виробництва, нестачі інвестиційних коштів, є розбалансованим, що обумовлює нагальність обраної теми дослідження. Це питання набуває особливої актуальності в аграрній





сфері, де внаслідок розвитку різних форм власності та господарювання, браку відповідної нормативно-законодавчої бази послаблений екологічний контроль, що призводить до екологічних ризиків з суттєвими соціальними, фінансовими та іншими наслідками.

*Аналіз останніх досліджень.* Проблеми доцільності екологічного інвестування активно вивчаються закордонними дослідниками, в тому числі такими, як Адамович В. [1], Каммінга Т. Л. [2], Дойтч Н. [3], Дзявго Л. [4], Філд К. Р. [5], Фуджітаніяб М. Л. [6], Лі Ю. [7], Мандера М. [8], Ванг Л. [9], Зос-Кіор М. [10] та багатьма іншими. Так, група дослідників, в тому числі Адамович В., Кальдерон-Еттер Л., Ентема А. та інші, проводить прогнозу оцінку вигід і витрат та прогнозування ринкових цін і обсягів для інвестиційних контрактів в екологічну інфраструктуру в вододілі Панамського каналу [1]. Колектив науковців, в тому числі Каммінга Т. Л., Шеклтон Р. Т., Ферстеркд Й. та інші, на прикладі Південної Африки розглядає досягнення цілей сталого розвитку за допомогою інвестицій в екологічну інфраструктуру [2]. Дойтч Н. вивчає вплив прямих іноземних інвестицій на швидкість виснаження біопродуктивності земель [3].

Дзявго Л. аналізує фундаментальні дані про ринок екологічних інвестиційних фондів (EIF) в німецькомовній Європі (GSE) для оцінки поточного стану та перспектив цього ринку [4]. Філд К. Р. та Елфік К. С. в межах розробки методів та інструментів для природоохоронного планування розглядають відносну важливість екологічних даних для визначення пріоритетів або ймовірної окупності інвестицій за рахунок включення більш якісних даних [5]. Група науковців, в тому числі Фуджітаніяб М. Л., Ріпеа К., Паджела Т. та інші, на основі даних рибальських клубів показує, що невеликий набір факторів, в першу чергу соціально-екологічний та управлінський контекст, а також соціальні норми та інші складові соціальні тиску, стимулюють інвестиції в охорону навколишнього середовища [6]. Лі Ю., Кім Х., Хонг Й. досліджують доцільність інвестицій у проекти екологічного відновлення річок [7]. Колектив науковців, включаючи Мандеру М., Євітба Г., Дініча Д. та інших науковців, на прикладі Південної Африки показує, що інвестиції в екологічну інфраструктуру необхідно розглядати як спосіб збільшення запасів води і поліпшення її якості в довгостроковій перспективі [8]. Ванг Л., Нільс Р., Расмус Ф., Олесен С., Шеклтон Ш. досліджують інтерес до реінвестування в екологічну інфраструктуру, виходячи з припущення, що вона суттєво доповнює інженерно-технічну інфраструктуру [9]. Зос-Кіор М., Шкурупій О. та інші науковці публікують економіко-математичну модель формування інвестиційної програми агрокластеру, спрямовану на охорону навколишнього середовища та поліпшення екологічної ситуації в цілому [10].



Серед вітчизняних досліджень інвестицій в охорону навколишнього природного середовища увагу викликають публікації Драган І. В. [11], Клименко О. М. [12], Немченко В. В. [13], Сай Л. П. [14], Скороход І. С. [15] та інших науковців. Так, Драган І. В. розглядає особливості інвестування екологічних проєктів, показує роль і місце іноземних інвестицій в результативності управління інноваційно-інвестиційною діяльністю, а також акцентує увагу на особливостях управління інноваційно-інвестиційною діяльністю суб'єктів господарювання в умовах еколого-економічного розвитку країни [11]. Клименко О. М. і Мала С. І. аналізують світові тенденції на ринку «зелених» облігацій та розробляють рекомендації для використання даного виду облігацій для фінансування екологічних проєктів в Україні [12]. Немченко В. В. і Румянцев І. В. розглядають проблему інвестицій в природоохоронну діяльність, акцентуючи увагу на розвитку інфраструктури екологічних інвестицій [13]. Сай Л. П. і Гнилянська Л. Й. аналізують стан і проблеми еко-інвестування в Україні і його значення для забезпечення сталого розвитку підприємства [14]. Скороход І. С. і Ліповська-Маковецька Н. І. розглядають особливості реалізації інноваційно-інвестиційних проєктів в екологічній сфері, в тому числі тих, що фінансуються за кошти Європейського Союзу [15].

Незважаючи на численні публікації з проблем екологічних інвестицій, можна стверджувати, що залишаються недопрацьованими питання їхнього впливу на довкілля та національну економіку під час переходу країни на сталий розвиток.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою статті є дослідження сучасного стану та перспектив розвитку екологічних інвестицій як пріоритетного напрямку розвитку національної економіки.

*Основна частина.* Стан сталого розвитку країни можна проілюструвати за її місцем у міжнародному Індексі процвітання (Legatum Prosperity Index). На рис. 1 наведено місце України в Індексі та субіндексах процвітання в 2009-му та 2020-му роках серед 167 країн світу.

Порівняно з 2009-м роком Україна за Індексом процвітання погіршила власні позиції на 6 пунктів і в 2020 р. опинилася на 92-му місці, пропустивши вперед Гайану (91-е місце), Киргизстан (90-е місце) і Еквадор (89-е місце). При цьому за захистом і безпекою позиції України погіршилися на 46-ть пунктів, за станом економіки – відповідно на 21 пункт, за особистою свободою – відповідно на 16 пунктів. Разом з цим покращились позиції України за підприємництвом і можливостями на 53 пункти, за управлінням – відповідно на 23 пункти, за станом природного середовища – відповідно на 27 пунктів.

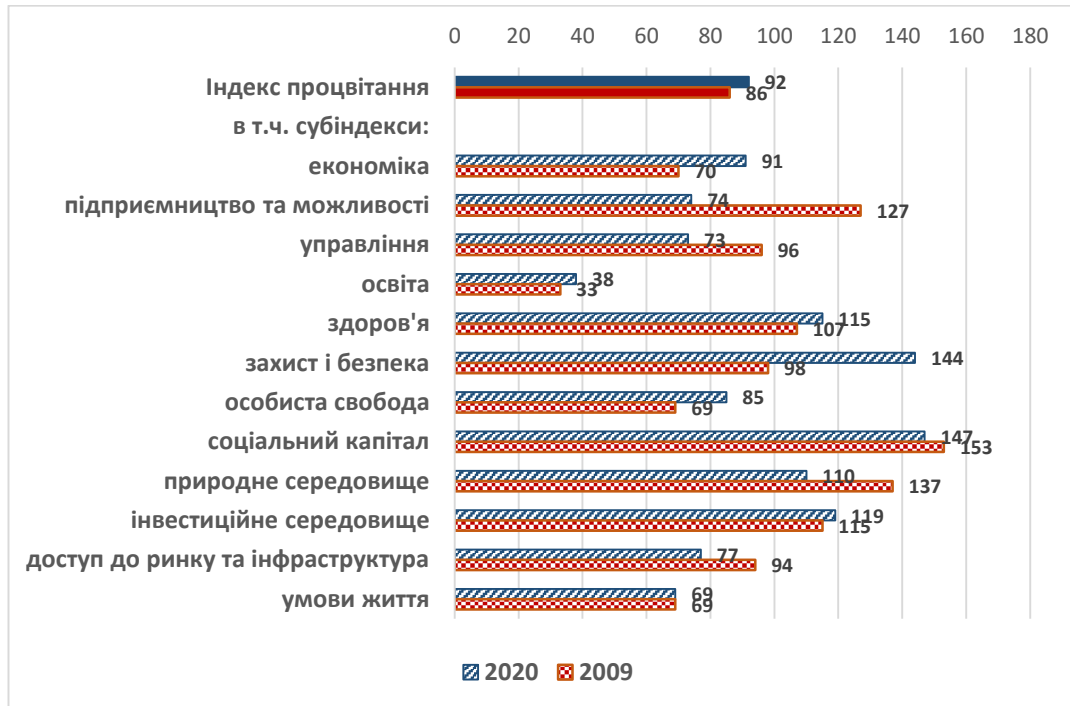


Рисунок 1. Ранги України в міжнародному Індексі та субіндексах процвітання за 2009 та 2020 рр.

Джерело: побудовано за даними Legatum Prosperity Index [16]

Проте, незважаючи на деяке покращення субіндексу природного середовища, ранг України за ним залишається низьким – 110 місце серед 167 країн світу, пропускаючи вперед Катар (109-е місце), Малі (108-е місце), Центральну Африканську республіку (107-е місце).

В табл. 1 та на рис. 2 наведена динаміка рангів та оцінки субіндексу природного середовища України та його складових у міжнародному Індексі процвітання.

Таблиця 1

Динаміка рангів та оцінки субіндексу природного середовища України та його складових у міжнародному Індексі процвітання

Субіндекс / складові	2009		2019		Зміна за 2009-2019 (↑, ↓)	
	ранг	оцінка	ранг	оцінка	рангу	оцінки
Природне середовище	137	46,7	127	49,6	↑ 10	↑ 2,9
в т.ч. складові						
викиди	160	51,8	153	53,6	↑ 7	↑ 1,8
забруднення повітря	144	65,5	145	65,7	↓ 1	↑ 0,2
ліс, земля, ґрунт	52	48,9	50	49,0	↑ 2	↑ 0,1
прісна вода	147	29,6	118	42,9	↑ 29	↑ 13,3
моря, океани	63	54,0	59	53,8	↑ 4	↓ 0,2
зусилля щодо збереження	117	35,1	124	35,3	↓ 7	↑ 0,2

Джерело: складено за даними Legatum Prosperity Index [16]

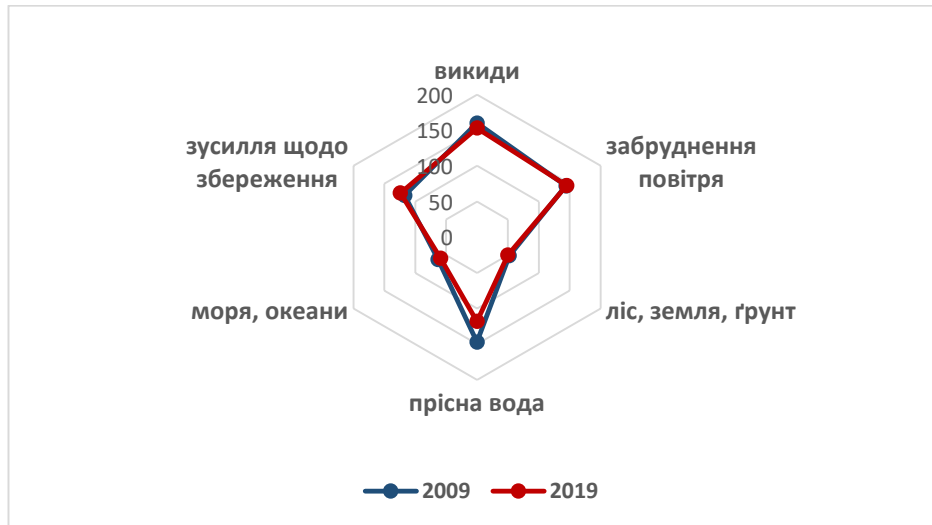


Рисунок 2. Динаміка рангів природного середовища України та його складових у міжнародному Індексі процвітання  
Джерело: складено за даними Legatum Prosperity Index [16]

Якщо аналізувати динаміку рангів та оцінку складових субіндексу природного середовища, можна зробити висновок, що за 2009-2019 рр. суттєвого покращення майже не відбулося. Так, за відповідний період лише оцінка стану прісної води покращилась на 13,3 одиниць, ранг України за цією складовою піднявся на 29 пунктів. Інші показники змінилися несуттєво, що наочно видно на рис. 2.

На рис. 3 наведені дані про динаміку капітальних інвестицій на охорону природного навколишнього середовища в цілому по Україні як в національній валюті, так і в доларовому еквіваленті.

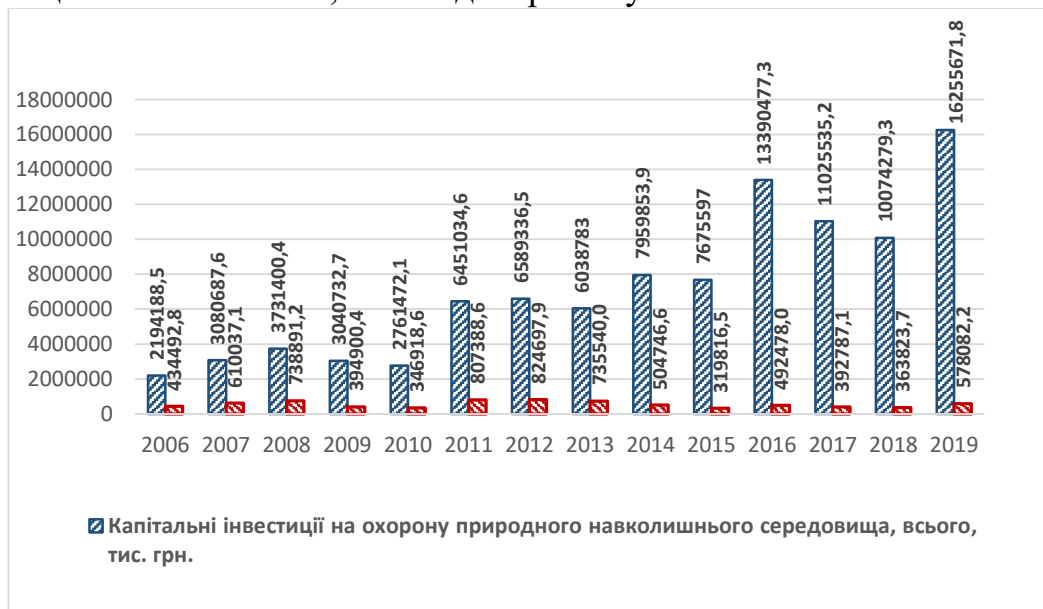


Рисунок 3. Динаміка капітальних інвестицій на охорону природного навколишнього середовища в Україні в національній валюті (тис. грн.) та в доларовому еквіваленті (тис. дол. США)  
Джерело: побудовано за даними Державної служби статистики України, Національного банку України

В 2019-му році порівняно з 2006-м роком розмір капітальних інвестицій на охорону природного навколишнього середовища в цілому по Україні збільшився в 7,4 рази і становив 16,26 млрд. грн., середньорічний приріст при цьому становив 16,7%. В той же час в доларовому еквіваленті збільшення капітальних інвестицій на охорону природного навколишнього середовища в цілому по Україні відбулося лише в 1,3 рази – до 0,58 млрд. дол. США в 2019-му році, середньорічний темп приросту при цьому становив 2,2%. В Запорізькій області капітальні інвестиції на охорону природного навколишнього середовища в національній валюті в 2019-му році порівняно з 2010-м роком збільшились в 6,8 раз і становили 1,08 млрд. грн., в доларовому еквіваленті відповідно в 1,9 раз до 38,5 млн. дол. США (рис. 4).



Рисунок 4. Динаміка капітальних інвестицій на охорону природного навколишнього середовища в Запорізькій області в національній валюті (тис. грн.) та в доларовому еквіваленті (тис. дол. США)

Джерело: побудовано за даними Державної служби статистики України, Національного банку України

Капітальні інвестиції на охорону природного навколишнього середовища нерівномірно розподілені за регіонами України (рис. 5).

Так, найбільша частка екологічних інвестицій в 2019-му році припадає на Київську область – 6945,7 млн. грн., або 46% від загальної суми, на Донецьку та Дніпропетровську області – відповідно 2589,1 та 2564,1 млн. грн., або 17,1% та 17%. Екологічні інвестиції в Запорізькій області в 2019-му році становили 1083,5 млн. грн., або 7,2% від їхньої загальної суми. Найменші розміри екологічних інвестицій в 2019-му році були в Херсонській та Житомирській областях – відповідно 7,4 та 6,9 млн. грн., або по 0,05% від загальної суми даних інвестицій.

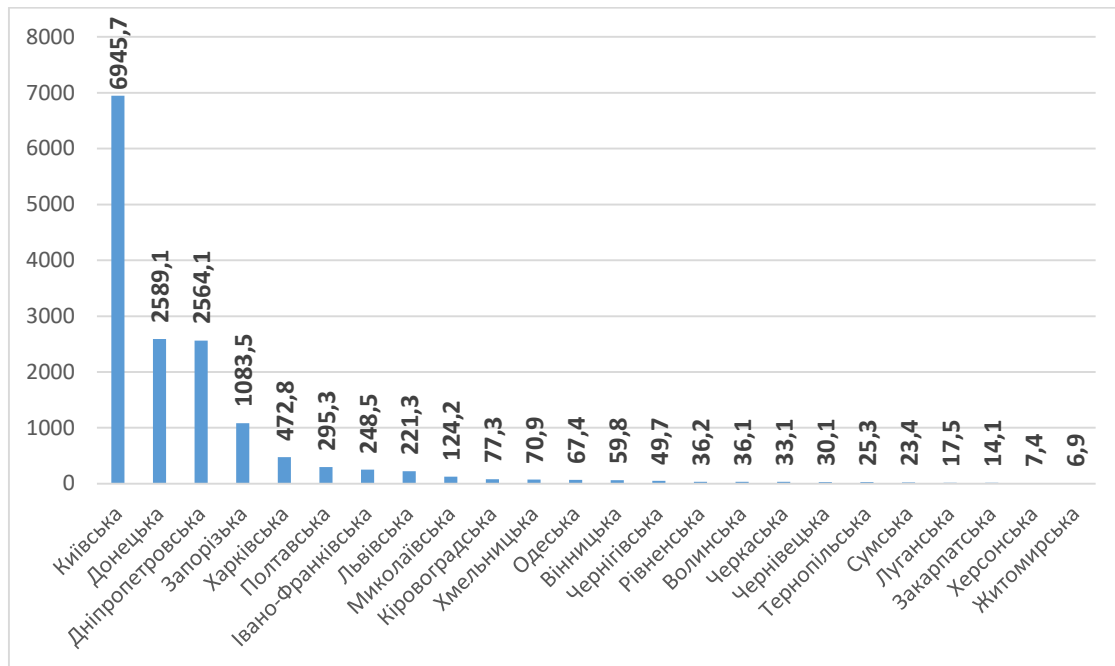


Рисунок 5. Капітальні інвестиції на охорону природного навколишнього середовища за регіонами України в 2019-му році, млн. грн.

*Джерело: побудовано за даними Державної служби статистики України*

В 2019-му році порівняно з 2006-м роком змінилася структура капітальних інвестицій в природоохоронні заходи за напрямками (рис. 6).

Так, в 2006-му році найбільші частки капітальних інвестицій на природоохоронні заходи в Україні припадали на охорону атмосферного повітря і попередження змін клімату, а також очищення зворотних вод (по 35% відповідно). При цьому 16% приходилось на поводження з відходами, 11% – на захист та реабілітацію ґрунту, підземних і поверхневих вод. На інші заходи залишалось 3% капітальних інвестицій.

В 2019-му році ситуація суттєво змінилася. Найбільша частка відповідних капітальних інвестицій припадала на поводження з відходами (35%). На охорону атмосферного повітря і попередження змін клімату виділялося 26% капітальних інвестицій, на захист та реабілітацію ґрунту, підземних і поверхневих вод відповідно 11%, на інші заходи 17%.

В Запорізькій області в 2019-му році структура капітальних інвестицій в природоохоронні заходи суттєво відрізняється від загальноукраїнської (рис. 7).



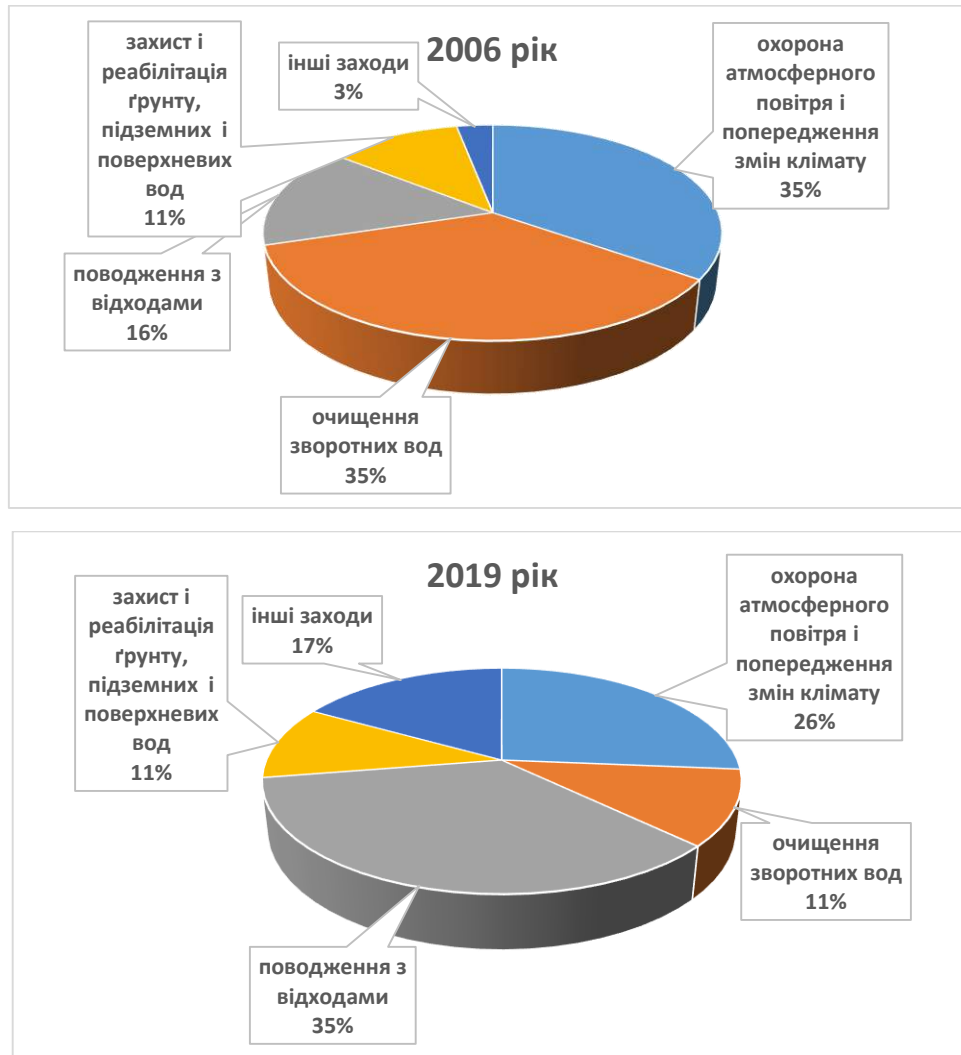


Рисунок 6. Структура капітальних інвестицій у природоохоронні заходи в Україні за напрямками, %

Джерело: побудовано за даними Державної служби статистики України

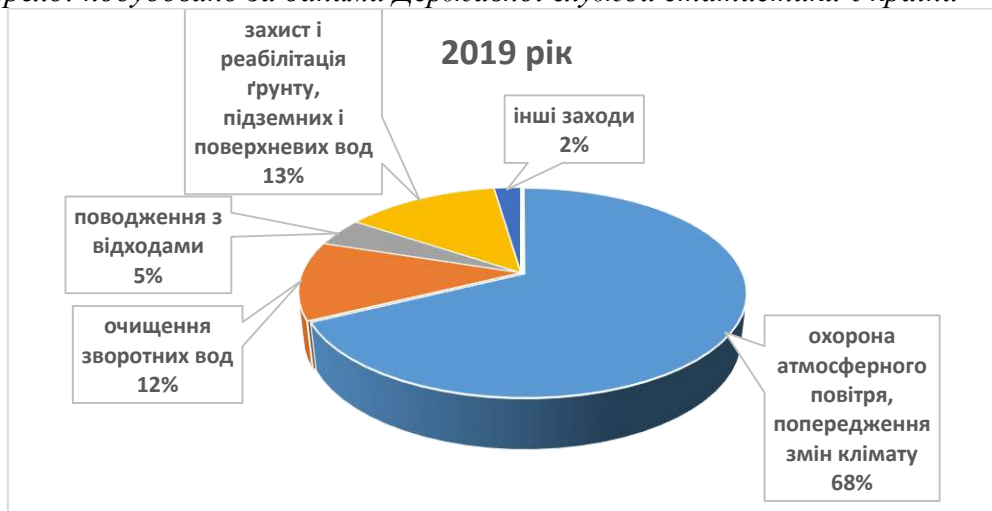


Рисунок 7. Структура капітальних інвестицій у природоохоронні заходи в Запорізькій області за напрямками, %

Джерело: побудовано за даними Державної служби статистики України



Так, левова частка природоохоронних капітальних інвестицій у 68 % припадає на охорону атмосферного повітря і попередження змін клімату, що на 42 в. п. більше, ніж в цілому по Україні. На поводження з відходами в Запорізькій області виділяється лише 5%, що на 30 в. п. менше, ніж в цілому по Україні. На інші заходи в області спрямовують лише 2% відповідних капітальних інвестицій, що на 15 в. п. менше, ніж в цілому в країні.

Безумовно, такі відмінності обумовлені об'єктивними закономірностями територіального поділу праці, формуванням територіально-виробничих комплексів тощо. Так, при аналізі структури капітальних інвестицій на охорону природного навколишнього середовища за видами економічної діяльності визначено, що в 2019-му році найбільша їхня частка в цілому по Україні припадала на постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря – 47,9%, в Запорізькій області цей показник становив 21,1%. На переробну промисловість в Україні припадало 25,7% відповідних інвестицій, в тому числі 21,4% – на металургійне виробництво, в Запорізькій області – відповідно 54,5% та 39,5%. Добувна промисловість і розроблення кар'єрів в цілому по Україні отримували 13,1% від природоохоронних інвестицій, в Запорізькій області відповідно 12,6%.

В табл. 2 та на рис. 8 наведені дані про динаміку капітальних інвестицій на охорону природного навколишнього середовища в сільському, лісовому та рибному господарстві України.

Капітальні інвестиції на охорону природного навколишнього середовища в сільському, лісовому та рибному господарстві України в цілому в 2019-му році становили 5912,2 тис. грн., в тому числі в сільському господарстві, мисливстві та наданні пов'язаних із ними послуг 3496,5 тис. грн., що відповідно 0,04% та 0,02% від загальної суми екологічних капітальних інвестицій. У Запорізькій області капітальні інвестиції на охорону природного навколишнього середовища в сільському, лісовому та рибному господарстві в 2019-му році становили 20136,4 тис. грн., або 0,02% від загальної суми.

В 2019-му році порівняно з 2009-м роком загальна сума екологічних інвестицій збільшилась в 5,4 рази, в той же час у сільському, лісовому та рибному господарстві – навпаки, зменшились майже в 14 разів. Це свідчить про системну кризу в вирішенні природоохоронних проблем в аграрній сфері.

В структурі витрат на охорону природного навколишнього середовища в 2019-му році 79,1% припадало на власні кошти підприємств і організацій, в той час, коли на долю державного та місцевих бюджетів відповідно 20,3%, на інші джерела інвестування – лише 0,6%.



Таблиця 2

Динаміка капітальних інвестицій на охорону природного навколишнього середовища в сільському, лісовому та рибному господарстві України, млн. грн.

Роки	Капітальні інвестиції в охорону природного навколишнього середовища, всього	в т.ч.	
		у сільському, лісовому та рибному господарстві	у сільському господарстві, мисливстві та наданні пов'язаних з ними послуг
2009	3040,7	82,4	80,2
2010	2761,5	51,6	49,3
2011	6451	86,2	83,9
2012	6589,3	50,2	48,4
2013	6038,8	193,4	187,7
2014	7959,9	26,2	23
2015	7675,6	22,4	18,4
2016	13390,5	43,7	41,9
2017	11025,6	50,4	48,5
2018	10074,3	8,9	5,9
2019	16255,7	5,9	3,5
2019 р. у % до 2009 р.	534,6	7,2	4,4

Джерело: складено за даними Державної служби статистики України

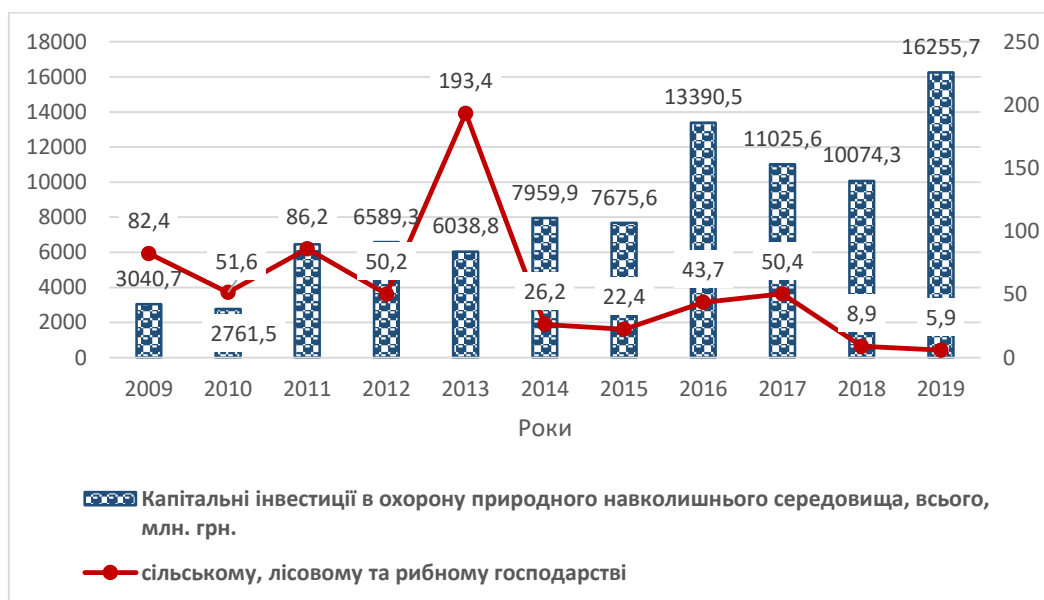


Рисунок 8. Динаміка капітальних інвестицій на охорону природного навколишнього середовища в сільському, лісовому та рибному господарстві України

Вважаємо, що в сучасних умовах, які характеризуються вкрай недостатнім рівнем фінансових можливостей переважної більшості не



тільки підприємств та організацій, але й регіонів та сфер економічної діяльності країни, існує нагальна потреба в пошуку нових джерел фінансування природоохоронних заходів, серед яких необхідно виділити «зелені» облігації та «зелені» кредити для бізнесу.

«Зелені» облігації – це ефективний інструмент ринку боргових капіталів для фінансування проектів з вирішення проблем екології та зміни клімату. Для впровадження «зелених» облігацій в Україні необхідно застосування світової практики їхнього використання як заходу імплементації Європейських стандартів розвитку «зеленої» економіки і захисту навколишнього середовища. Пропонуємо активізувати випуск забезпечених активами цінних паперів на реалізацію великих екологічних інфраструктурних проектів, а також муніципальних облігацій – як часткової кредитної гарантії для здійснення «зелених» проектів.

«Зелені» кредити для бізнесу передбачають спрямування капіталів переважно до низьковуглецевих проектів, таких як енергоефективна модернізація комерційного та житлового сектору, будівництво вітрових та сонячних електростанцій. Вважаємо, що завдяки «зеленим» кредитам можна реалізовувати проекти зі зниження викидів CO<sub>2</sub>, підтримці розвитку місцевих громад, скорочення витрат на енергетичні ресурси, розвитку ринків «зелених» технологій тощо. Для активізації «зеленого» кредитування необхідно запровадити пільгові кредитні ставки (для фінансування природоохоронних проектів, розробки енерго- та ресурсозберігаючих технологій), пролонговані терміни кредитування (для реалізації масштабних екологічних проектів).

Специфіка аграрної сфери потребує скерування зусиль на розробці та впровадженні екологічно безпечних енерго- та ресурсозберігаючих технологій, посиленні екологічного контролю за використанням земельних ресурсів, стимулюванні розвитку органічного виробництва, а також підвищенні інвестиційної привабливості цієї сфери економічної діяльності в цілому – все це позитивно вплине на розвиток екологічно привабливого середовища.

*Висновки.* Таким чином, за оцінкою сталого розвитку України на основі визначення її місця в міжнародному Індексі процвітання та субіндексі природного середовища було зроблено загальний висновок про незадовільне еколого-економічне становище. Незважаючи на суттєве збільшення екологічних капітальних інвестицій в національній валюті, в доларовому еквіваленті їхні розміри мають незначні зміни. Крім цього, в країні спостерігається нерівномірний розподіл капітальних інвестицій в регіональному розрізі (майже половина приходить на Київську область) та за видами природоохоронних заходів. Більша частина витрат на охорону природного навколишнього середовища припадає на власні кошти підприємств і організацій.



Екологічні інвестиції в сільському, лісовому та рибному господарстві стрімко скорочуються, що свідчить про системну кризу в вирішенні природоохоронних проблем аграрної сфери.

В умовах недостатнього рівня фінансових можливостей пропонуємо активізувати випуск «зелених» облігацій та «зелене» кредитування. Вважаємо, що в аграрній сфері необхідні зусилля з розробки та впровадження екологічно безпечних технологій, посилення екологічного контролю, розвитку органічного виробництва та підвищення інвестиційної привабливості в цілому.

Перспективами подальших досліджень у даному напрямі є визначення напрямів інституційних перетворень, які сприятимуть стимулюванню розвитку екологічного інвестування як пріоритетного напрямку розвитку національної економіки.

#### Список використаних джерел

1. Assessing ecological infrastructure investments / W. Adamowicz et al. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2019. Vol. 116, № 12. P. 5254-5261. DOI: 10.1073/pnas.1802883116.

2. Achieving the national development agenda and the Sustainable Development Goals (SDGs) through investment in ecological infrastructure: A case study of South Africa / T. L. Cumminga et al. *Ecosystem Services*. 2017. Vol. 27(B). P. 253-260. DOI: 10.1016/j.ecoser.2017.05.005.

3. Doytch N. The impact of foreign direct investment on the ecological footprints of nations. *Environmental and Sustainability Indicators*. 2020. Vol. 8. №100085. DOI: 10.1016/j.indic.2020.100085.

4. Dziawgo L. Ecological investment funds in German-speaking Europe. *Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*. 2019. Vol. 63, № 5. P. 43-52. DOI: 10.15611 / pn.2019.5.04.

5. Field C. R., Elphick C. S. Quantifying the return on investment of social and ecological data for conservation planning. *Environmental Research Letters*. 2019. Vol. 14, № 12. DOI: 10.1088/1748-9326/ab5cae.

6. Ecological and social constraints are key for voluntary investments into renewable natural resources / M. L. Fujitaniab et al. *Global Environmental Change*. 2020. Vol. 63. 102125. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2020.102125.

7. Lee Y., Kim H., Hong Y. Revealed Preference and Effectiveness of Public Investment in Ecological River Restoration Projects: An Application of the Count Data Model. *Sustainability*. 2016. Vol. 8, № 4. 353. DOI: 10.3390/su8040353.

8. Modelling potential hydrological returns from investing in ecological infrastructure: Case studies from the Baviaanskloof-Tsitsikamma and uMngeni catchments, South Africa / M. Mander et al. *Ecosystem Services*. 2017. Vol. 27(B). P. 261-271. DOI: 10.1016/j.ecoser.2017.03.003.



9. Socio-economic outcomes of ecological infrastructure investments / L. Vang et al. *Ecosystem Services*. 2021. Vol. 47, № 12. 101242. DOI: 10.1016/j.ecoser.2020.101242.
10. Modeling of the Investment Program Formation Process of Ecological Management of the Agrarian Cluster / M. Zos-Kior et al. *European Journal of Sustainable Development*. 2021. Vol. 1, № 1. 571. DOI: 10.14207/ejsd.2021.v10n1p571.
11. Драган І. В. Інвестиційне забезпечення екологічних проєктів суб'єктів господарювання. *Агросвіт*. 2019. № 5. С. 41-46.
12. Клименко О. М., Мала С. І. «Зелені» облигації як перспективний інструмент залучення інвестицій в екологічні проєкти в Україні. *Економічний вісник університету*. 2020. Вип. 45. С. 52-60. DOI: 10.31470/2306-546X-2020-45-52-60.
13. Немченко В. В., Румянцев І. В. Роль екологічних інвестицій у природоохоронну діяльність України. *Причорноморські економічні студії*. 2020. Вип. 49. С. 129-134.
14. Сай Л. П., Гнилянська Л. Й. Екологічні інвестиції в контексті екологічної підготовки сталого розвитку підприємства. *Бізнес Інформ*. 2018. № 3. С. 242-246.
15. Скороход І. С., Ліповська-Маковецька Н. І. Реалізація інноваційно-інвестиційних проєктів в екологічній сфері. *Причорноморські економічні студії*. 2018. Вип. 30 (2). С. 19-23.
16. The Legatum Prosperity Index: website. URL: <https://www.prosperity.com/rankings> (дата звернення: 25.01.2021).

Стаття надійшла до редакції 20.01.2021р.

**Н.І. Hrytsaienko, М.І. Hrytsaienko**  
**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **ECOLOGICAL INVESTMENTS AS A PRIORITY DIRECTION OF AGRICULTURAL ECONOMIC DEVELOPMENT**

### ***Summary.***

The purpose of the article is to study the current state and prospects of environmental investment as a priority area of national economy.

The research uses dialectical methods of cognition of processes and phenomena, including the monographic method (analysis of scientific achievements of Ukrainian and foreign scientists on the problems of investment in environmental protection), abstract-logical (theoretical generalizations and formulation of conclusions).

The article analyzes the place of Ukraine in the International Prosperity Index and the sub-index of the natural environment, draws a general conclusion about the unsatisfactory ecological and economic situation. The dynamics of the size of capital investments in environmental protection in Zaporizhia region and in Ukraine as a whole is studied. Despite a significant increase in environmental capital investment in the national currency, in dollar terms, their size has changed slightly. In addition, the country





has an uneven distribution of capital investment in the regional context (almost half falls on the Kyiv region) and by type of environmental measures. Most of the costs of environmental protection fall on the own funds of enterprises and organizations. Given the insufficient level of financial opportunities, we propose to intensify the issuance of "green" bonds and "green" lending, in the agricultural sector – the introduction of environmentally friendly technologies, strengthening environmental control, stimulating organic production. An element of scientific novelty is the formulated position on the relevance of capital investments in environmental protection, justification of promising ways to finance them. The use of the obtained results will allow to determine the directions of institutional transformations, which will promote the development of ecological investment as a priority direction of the agrarian economy development.

**Key words:** capital investments, environmental protection, "green" bonds, "green" lending, ecological and economic situation, agrarian economy

**Г.И. Грицаенко, Н.И. Грицаенко**  
**Таврический государственный агротехнологический университет**  
**имени Дмитрия Моторного**

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВЕСТИЦИИ КАК ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ АГРАРНОЙ СФЕРЫ ЭКОНОМИКИ**

### *Аннотация*

Целью статьи является исследование современного состояния и перспектив развития экологических инвестиций как приоритетного направления развития национальной экономики.

В статье проанализированы место Украины в международном Индексе процветания и субиндексы природной среды, сделан общий вывод о неудовлетворительном эколого-экономическом положении. Исследована динамика объемов капитальных инвестиций в охрану природной окружающей среды в Запорожской области и в Украине в целом, распределение капитальных инвестиций в региональном разрезе и по видам природоохранных мероприятий. Предложено активизировать выпуск «зеленых» облигаций и «зеленого» кредитования, в аграрной сфере – внедрение экологически безопасных технологий, усиление экологического контроля, стимулирование органического производства. Использование полученных результатов позволит определить направления институциональных преобразований, которые будут способствовать стимулированию развития экологического инвестирования как приоритетного направления развития аграрной сферы экономики.

**Ключевые слова:** капитальные инвестиции, охрана природной окружающей среды, «зеленые» облигации, «зеленое» кредитование, эколого-экономическое положение, аграрная сфера экономики.



УДК 631.363.2.001.24

А. С. Комар, інж.

ORCID: 0000-0001-7037-8402

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

e-mail: artem.komar@tsatu.edu.ua, тел: 097-698-10-23

## ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИКОЧУВАЛЬНИХ РОЛИКІВ ГРАНУЛЯТОРА З ПЛОСКОЮ МАТРИЦЕЮ

**Анотація.** Процеси гранулювання матеріалів є масовими технологічними процесами, які в даний час знайшли застосування в сільському господарстві. Якщо комплексні теоретичні дослідження конструкції грануляторів з кільцевою матрицею вивчалися досить докладно, то дослідження кінематики руху робочих органів грануляторів з плоскою матрицею практично не проводилися. Кінематика руху робочих органів визначає характер їх руху і швидкісні параметри, а також витрати енергії на роботу агрегату.

У зв'язку з цим для формування гранул з пташиного посліду в грануляторах з плоскою матрицею в даній статті досліджено рух прикочувального ролика по нерухомо закріпленій матриці і обертанням його навколо своєї осі. Розглянуто сили, що діють на циліндричний прикочувальний ролик при його роботі. Визначено кінематичні параметри та встановлений їх взаємозв'язок з конструктивними параметрами прикочувального ролика. Отримано аналітичні рівняння визначення нейтрального перетину (найбільш характерного) прикочувального ролика гранулятора, моменту приведення в рух прикочувального ролика та потужності необхідної для перекошування декількох прикочувальних роликів.

**Ключові слова:** гранулятор, прикочувальний ролик, плоска матриця, кінематичні параметри, прикладені сили, пташиний послід.

**Постановка проблеми.** Сьогодні в Україні реалізація політики енергозбереження, створення та вдосконалення енергетичного ринку набуває особливої актуальності [1, 2]. Так як основна частина світової енергії виробляється з викопних джерел (нафта, природний газ, вугілля), в світі розпочали запроваджувати технології по отриманню енергії з відходів органічного походження [3]. До складу органічних відходів входять паливні гранули, або пелети, які є екологічно чистим видом твердого біопалива і широко використовується в розвинутих



країнах [4].

Питання утилізації (переробки) пташиного посліду одне з найактуальніших в світі з точки зору екології. Сучасні птахівницькі комплекси, крім постачання для споживачів м'яса та яєць, є виробниками величезної кількості відходів, серед яких найбільшу питому вагу займає пташиний послід [5]. Устаткування для гранулювання здатне вирішити проблеми з енергозбереженням та утилізацією пташиного посліду. Причому, чим вищі вимоги ставляться до вихідного продукту, зокрема до щільності і крихкості гранул, тим технологічно досконалішими повинні бути відповідні технічні засоби. [6]. Найбільш поширене устаткування для переробки пташиного посліду є гранулятори екструзії з кільцевою і плоскою матрицями [7]. Останні є менш енергоємними, більш дешевими, а отже і більш поширеними. Незважаючи на поширеність грануляторів з плоскими матрицями, дослідження кінематичних параметрів активних прикочувальних роликів такого устаткування практично не проводилося, в той час як кінематика руху робочих органів грануляторів з кільцевою матрицею вивчена досить докладно.

Рух прикочувального ролика виконавчого механізму визначається тим технологічним завданням, яке буде виконуватися цим органом. Технологічне завдання необхідно сформулювати так, щоб можна було уявити рух прикочувального ролика в аналітичній формі або у вигляді кінематичних діаграм, що показують залежність переміщення швидкості і прискорення прикочувального ролика або окремих його точок від переміщення провідної ланки виконавчого механізму гранулятора. У проблему енергетичного балансу устаткування для отримання гранул також входять завдання, пов'язані з їх енергоємністю, тобто здатністю пропускати через свої механізми певну кількість енергії в залежності від співвідношення між цією енергією, швидкістю руху агрегатів машини і масами рухомих ланок механізмів, що входять до їх складу. Тільки правильний підбір цих співвідношень забезпечує стійкість роботи агрегатів гранулятора, зменшення динамічних навантажень, зниження паразитарних опорів, а отже – підвищення міцності і довговічності роботи елементів механізмів.

Кінематична пара «прикочувальний ролик – плоска матриця» є основними складовими елементами гранулятора. За допомогою кінематичних пар окремі ланки устаткування зв'язуються в єдину кінематичну систему. Характером дотику своїх елементів кінематичні пари визначають геометрію відносного руху ланки гранулятора. Таким чином кінематичні пари перетворюють механізм в систему ланок вимушеного руху.

*Аналіз останніх досліджень.* Вивченням і обґрунтуванням структури, кінематичних зв'язків та механізмів присвячені роботи



П. Л. Чебишова, П. І. Сомова, Х. І. Гохмана, О. П. Малишева, Ф. Рело, І. І. Артоболевського, Х. Ф. Кетова, Н.І. Колчіна, В. В. Добровольського, О. І. Тайнова, Я. Л. Геронімуса, Ч Вілсона, П. Садлера, М. А. Павловського, Є. Мора та ін. [8-11]. В своїх працях вчені відштовхувались від того, що кінематичні пари є основними складовими елементами механізмів. Щодо кінематики устаткування для ущільнення кормової сировини то І. М. Краснов, В. І. Щербіна, Є. О. Ладигін, Ж. В. Матвейкіна, В. В. Скідело домоглися прогресу для шестеренних пресів в своїх наукових роботах, Шкарпеткін, Є. О. отримав позитивний результат для вібраційно-відцентрового гранулятора композиційних сумішей. Основну увагу при визначенні кінематичних параметрів науковці зосереджували на взаємодії активних робочих органів.

Дослідженням преса з плоскою матрицею для екструзії техногенних матеріалів присвячені роботи сучасників: М. В. Севостьянова і А. В. Осокіна [12]. Науковці керувались ідеєю знайти найоптимальнішу кінематичної схему устаткування для вирішення поставлених задач, зокрема збагаченню сировини і виготовлення напівфабриката в будівельній галузі.

*Формулювання метий статті.* Визначити та дослідити кінематичні параметри прикочувальних роликів гранулятора з плоскою матрицею.

*Основна частина.* Вивчення технологічних режимів формування гранул з пташиного посліду в грануляторах з плоскою матрицею пов'язане з конструктивними параметрами устаткування [13, 14]. Одним з основних конструктивних параметрів установки подібного типу є нейтральний перетин прикочувального ролика [9]. Використання цього параметра в розрахункових формулах обумовлена складним рухом активного робочого органу гранулятора: перекочування прикочувального ролика по нерухомо закріпленій матриці і обертанням навколо осі [15, 16].

При прямолінійному коченні прикочувального ролика по робочій поверхні матриці за відсутнього ковзання під дією зусилля привода [17] на нього діють такі сили (рис. 1.): привідна сила, прикладена до осі ( $P$ ,  $H$ ), сила тяжіння ролика ( $G$ ,  $H$ ), сила притиснення ролика до опорної матриці ( $F_{пр}$ ,  $H$ ); сила тертя кочення ( $F_T$ ,  $H$ ), реакція опорної поверхні ( $R$ ,  $H$ ), нормальна реакція до недеформованою опорної поверхні ( $N$ ,  $H$ ), коефіцієнт тертя кочення ( $f$ , для руху «загартованої сталі по загартованій сталі» рівний  $1 \cdot 10^5$  м), радіус прикочувального ролика ( $R_{п.р}$ , м).

З рис. 1 бачимо, що реакція опорної поверхні ( $R$ ) є результуючою сили тертя кочення ( $F_T$ ) і нормальної реакції ( $N$ ). Рівняння рівноваги тіла матиме наступний вигляд:

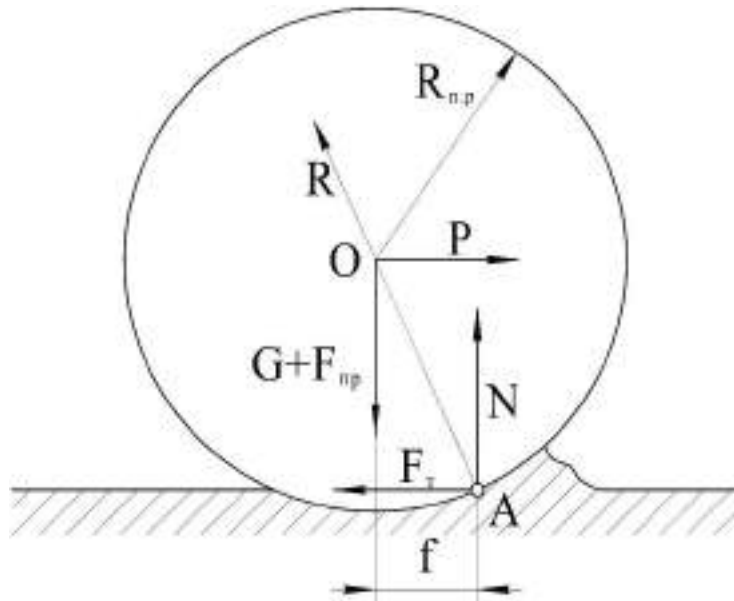


Рисунок 1. Сили, що діють на прикочувальний ролик при прямолінійному коченні

$$\sum X = 0; \quad P - F_t = 0; \quad (1)$$

$$\sum Y = 0; \quad N - (G + P) = 0; \quad (2)$$

$$\sum M = 0; \quad -P \cdot R_{п.р} + (G + P) \cdot f = 0; \quad (3)$$

Оптимізуючи рівняння отримаємо:

$$P = F_t; \quad (4)$$

$$N = (G + P); \quad (5)$$

$$P \cdot R_{п.р} = (G + P) \cdot f; \quad (6)$$

Звідси маємо:  $P \cdot R_{п.р} = M$  – момент кочення, а  $(G + P) \cdot f = M_t$  – момент тертя кочення.

При роботі плоскоматричного гранулятора виникає необхідність в зусиллі притиснення ( $F_{пр}$ ), яка обумовлена фізико-механічними характеристиками сировини, що гранулюється, а саме пташиного посліду. Часто при обертанні прикочувальний ролик буде дещо проковзувати по нерухомій матриці, що є складним рухом. Отже розглянемо випадок «кочення з проковзуванням» ролика по плоскій матриці (рис. 2) [8]. Будь-яка точка по ширині циліндричної поверхні обертається навколо осі прикочувального ролика з певною окружною швидкістю:

$$v_{п.р} = \omega_{п.р} \cdot R_{п.р}; \quad (7)$$

де  $\omega_{п.р}$  – кутова швидкість обертання прикочувального ролика навколо своєї осі,  $c^{-1}$ ;

$R_{п.р}$  – радіус прикочувального ролика, м.



Окружна швидкість водила прикочувальних роликів, яка також є окружною швидкістю перекочування прикочувальних роликів по плоскій матриці визначається:

$$v_B = \omega_B \cdot R; \quad (8)$$

де  $\omega_B$  – кутова швидкість обертання водила щодо центру плоскої матриці,  $c^{-1}$ ;

$R$  – радіус обертання, що визначається відстанню від центру плоскої матриці до точки на циліндричній поверхні прикочувального ролика, м.

З рівнянь (7) і (8) бачимо, що в одній точці на циліндричній поверхні прикочувального ролика може бути дві різні швидкості, а в точці  $M$  окружна швидкість її обертання щодо водила буде менше окружної швидкості її обертання щодо осі прикочувального ролика:  $v_B^M < v_{п.р}^M$  і навпаки, в точці  $N$  маємо:  $v_B^N > v_{п.р}^N$ . Лише один характерний нейтральний перетин прикочувального ролика на відстані  $R_0$  від центру плоскої матриці має як рівні окружні швидкості  $v_B^0 = v_{п.р}^0$  так і рівні кутові швидкості точок  $\omega_B = \omega_{п.р}$ . Це спостерігається за умови перекочування ролика по плоскій матриці без прослизання (рис. 2).

За рівнянням (8) окружні швидкості нейтрального перетину і крайніх точок циліндричної поверхні прикочувального ролика визначаються залежностями:

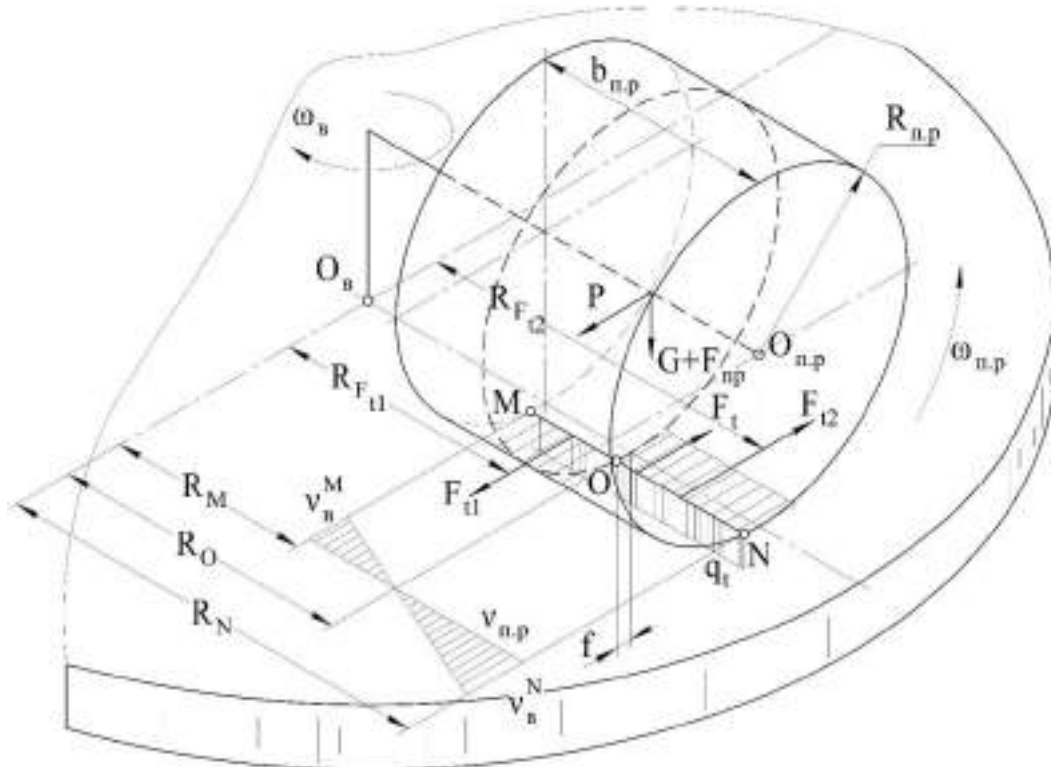
$$\begin{aligned} v_B^0 &= \omega_B \cdot R_0 = 2\pi \cdot n_B \cdot R_0; \\ v_B^M &= \omega_B \cdot R_M = 2\pi \cdot n_B \cdot R_M; \\ v_B^N &= \omega_B \cdot R_N = 2\pi \cdot n_B \cdot R_N; \end{aligned} \quad (9)$$

Різниця між швидкостями крайніх точок циліндричної поверхні прикочувального ролика та нейтрального перетину визначатимуть швидкість ковзання ролика по плоскій матриці:

$$\begin{aligned} v_{кo}^M &= v_B^M - v_B^0 = 2\pi \cdot n_B \cdot (R_M - R), \text{ м/с}; \\ v_{кo}^N &= v_B^N - v_B^0 = 2\pi \cdot n_B \cdot (R_N - R_0), \text{ м/с}; \end{aligned} \quad (10)$$

Максимальна швидкість ковзання буде визначатися різницею більшою з них і швидкістю в нейтральному перетині прикочувального ролика. Зсувні деформації створює різниця швидкостей по ширині прикочувального ролика, що розширює технологічні можливості установки (доподрібнення сировини), але підвищує знос циліндричної поверхні прикочувальних роликів (рис. 3) [7, 18]. Сили тертя ковзання  $F_{t1}$  і  $F_{t2}$ , що виникають при такому русі, обумовлені силою  $q_t$  розподіленою по лінії контакту прикочувального ролика і плоскої матриці. Прикладені до циліндричної поверхні прикочувальних роликів на внутрішній і зовнішній частинах вони спрямовані в протилежні сторони. При цьому сила  $F_{t2}$  прагне обертати ролик, а сила  $F_{t1}$  - гальмує його (рис. 2).





$F_t$  – сила тертя кочення, Н;  $F_{t1}$ ,  $F_{t2}$  – сили тертя ковзання на внутрішній і зовнішній частині циліндричної поверхні прикочувального ролика, Н;  $q_t$  – розподілене навантаження по лінії контакту прикочувального ролика і матриці, Н/м;  $\omega_B$ ,  $\omega_{np}$  – кутові швидкості водила та прикочувального ролика,  $c^{-1}$ ;  $v_B^M$ ,  $v_B^N$ ,  $v_{np}$  – окружні швидкості точок М і N щодо водила і щодо осі прикочувального ролика, м/с;  $b_{np}$  – ширина циліндричної поверхні прикочувального ролика, м;  $R_{F_{t1}}$ ,  $R_{F_{t2}}$  – плечі сил тертя  $F_{t1}$  і  $F_{t2}$ , м.

Рисунок 2. Сили, що діють на пару «прикочувальний ролик – матрицю»



Рисунок 3. Робочі поверхні прикочувального ролика і плоскої матриці гранулятора [19- 21]



Рівновага моментів сил, що діють на пару «прикочувальний ролик – плоска матриця», виглядатиме у вигляді рівняння:

$$F_{t1} \cdot R_{п.р} - F_{t2} \cdot R_{п.р} - (G + F_{пр}) \cdot f = 0; \quad (11)$$

де  $F_{t1}$ ,  $F_{t2}$  – сили тертя кочення, прикладені до циліндричної поверхні прикочувального ролика, Н;

$F_{пр}$  – сила притиснення прикочувального ролика до плоскої матриці, Н;

$G$  – сила тяжіння прикочувального ролика, Н;

$R_{п.р}$  – радіус прикочувального ролика, м;

$f$  – коефіцієнт тертя кочення,  $f = 1 \cdot 10^{-5}$  м

Оптимізуємо вираз (11):

$$R_{п.р} \cdot (F_{t1} - F_{t2}) = (G + F_{пр}) \cdot f;$$

По лінії контакту прикочувального ролика з плоскою матрицею постійне розподілене навантаження  $(G + F_{пр})/b_{п.р}$  створює лінійно розподілені сили тертя ковзання [22-24]:

$$q_t = f_t \cdot (G + F_{пр})/b_{п.р}; \quad (12)$$

де  $f_t$  – коефіцієнт тертя ковзання пари «прикочувальний ролик – плоска матриця»,  $f_t = 0,15-0,2$ .

З рис. 2 випливає:

$$F_{t1} = q_t \cdot (R_0 - R_M); \quad (13)$$

$$F_{t2} = q_t \cdot (b_{п.р} - (R_0 - R_M)); \quad (14)$$

$$R_{F_{t1}} = R_0 - 0,5 \cdot (R_0 - R_M) = 0,5 \cdot (R_0 - R_M); \quad (15)$$

$$R_{F_{t2}} = R_0 + 0,5 \cdot (b_{п.р} - R_0) = 0,5 \cdot (R_0 + b_{п.р}); \quad (16)$$

Враховуючи рівняння (12-14) оптимізований вираз (11) набуде вигляду:

$$R_{п.р} \cdot \left( \frac{f_t \cdot (G + F_{пр})}{b_{п.р}} \cdot (R_0 - R_M) - \frac{f_t \cdot (G + F_{пр})}{b_{п.р}} \cdot [b_{п.р} - (R_0 - R_M)] \right) = (G + F_{пр}) \cdot f$$

Відстань від центру плоскої матриці до нейтрального перетину прикочувального ролика враховуючи рівняння (13-16) дорівнює:

$$R_0 = R_M + 0,5 \cdot \left( b_{п.р} + \frac{b_{п.р} \cdot f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right) = R_M + 0,5 \cdot b_{п.р} \left( 1 + \frac{f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right) \quad (17)$$

З урахуванням (17) перетворюємо вирази (13-16):

$$F_{t1} = 0,5 \cdot f_t \cdot (G + F_{пр}) \cdot \left[ 1 + \frac{f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right]; \quad (18)$$

$$F_{t2} = 0,5 \cdot f_t \cdot (G + F_{пр}) \cdot \left[ 1 - \frac{f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right]; \quad (19)$$

$$R_{F_{t1}} = R_M + 0,25 \cdot b_{п.р} \left( 1 + \frac{f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right); \quad (20)$$



$$R_{F_{t2}} = 0,5 \cdot \left( R_M + b_{п.р} \cdot \left[ 1 + 0,5 \frac{f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right] \right). \quad (21)$$

До механічних витрат енергії відносимо витрати енергії для приведення в рух прикочувального ролика, адже вони витрачаються на: перекочування роликів по поверхні плоскої матриці, подолання сил тертя ковзання при їх безперервному розвороті і на подолання сил тертя в вузлах машини.

В загальному вигляді потужність обертального руху, необхідна для перекочування прикочувальних роликів по плоскій матриці, представимо виразом:

$$N_{пр} = M_{пр} \cdot \omega_v = 2\pi \cdot n \cdot M_{пр}; \quad (22)$$

де  $M_{пр}$  – момент для приведення в рух прикочувального ролика, Н·м;

$\omega_v$  – кутова швидкість водила приводного вала,  $c^{-1}$ ;

$n$  – частота обертання водила приводного вала,  $m^{-1}$ .

Момент приведення в рух прикочувального ролика визначається зусиллям на приводі  $P$  або, силою тертя кочення прикочувального ролика по плоскій матриці  $F_t$ :

$$M_{пр} = P \cdot R_P = F_t \cdot R_{F_t}; \quad (23)$$

де  $R_P$  – відстань від осі водила до лінії дії сили  $P$ , м.

Рівняння рівноваги моментів сил в горизонтальній площині (рис. 2):

$$F_t \cdot R_{F_t} + F_{t2} \cdot R_{F_{t2}} - F_{t1} \cdot R_{F_{t1}} = 0; \quad (23)$$

Звідки з врахуванням (23) визначимо:

$$M_{пр} = F_{t1} \cdot R_{F_{t1}} - F_{t2} \cdot R_{F_{t2}}; \quad (24)$$

Після виконання ряду перетворень враховуючи вирази (18-21) та (24) рівняння моменту, необхідного для подолання сил тертя ковзання, кочення і приведення в рух прикочувального ролика, отримаємо:

$$M_{пр} = (G + F_{пр}) \frac{f}{R_{п.р}} \left[ 0,625 \cdot b_{п.р} + 0,75 \cdot R_M + 0,25 \cdot \frac{R_{п.р} \cdot f_t}{f} + 0,375 \cdot \frac{b_{п.р} \cdot f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right]. \quad (25)$$

Потужність, що споживається для перекочування декількох прикочувальних роликів ( $z_{п.р}$ ) по плоскій матриці з врахуванням їх ковзання, визначатиметься виразом:

$$N_{пр} = \frac{\pi}{30} \cdot (G + F_{пр}) \frac{f}{R_{п.р}} \left[ 0,625 \cdot b_{п.р} + 0,75 \cdot R_M + 0,25 \cdot \frac{R_{п.р} \cdot f_t}{f} + 0,375 \cdot \frac{b_{п.р} \cdot f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right] \cdot n \cdot z_{п.р}. \quad (26)$$



*Висновок.* Таким чином, отримані при дослідженні аналітичні вирази можуть бути використані для розрахунків кінематичних і енергосилових параметрів прикочувальних роликів грануляторів з плоскими матрицями, які мають використовуватися для ущільнення пташиного посліду, або близької за структурою сировини, з різними фізико-механічними характеристиками.

#### Список використаних джерел

1. Boltianska N. I., Manita I. Y. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. 1(19). Pp. 7–12.
2. Skliar R. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Bilbao. 2020. Pp. 431–433.
3. McGowan T., Brown M., Bulpitt W., Walsh Jr. J. Biomass And Alternate Fuel Systems An Engineering And Economic Guide. *American Institute of Chemical Engineers, Inc. and John Wiley & Sons, Inc.* 2009. 280p.
4. Döring S. Power from Pellets: *Technology and Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. 226 p.
5. Комар А. С. Доцільність гранулювання органічних відходів рослинного і тваринного походження. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 336–340.* URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/komar-1-2020.pdf>
6. Болтянська Н. І. Обґрунтування основних параметрів, що впливають на продуктивність гранулятора. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 118–129.
7. Комар А. С. Переваги застосування плоскоматричних грануляторів. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф. мол. учених. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 121.* URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/komar-2021.pdf>
8. Wilson C., Sadler J. P Kinematics and Dynamics of Machinery. 3rd Edition. *Pearson Education*, 2003. 900 p.
9. Павловський М. А. Теоретична механіка: підручник Павловський М.А. К.: Техніка, 2002. 512 с.
10. Mor E. Programul universal de analiza cinematica a mecanismelor plane cu bare. *Al VII-lea Simposion national al Romaniei MTM-96, Timishora-Resita*, 1996. vol. I. Pp. 67–72.
11. Kolovsky M. Z., Evgrafov A. N., Semenov Y. A., Slousch A. V.



Advanced Theory of Mechanisms and Machines. *Berlin, Heidelberg, New York, Springer – Verlag*, 2000. 396 p.

12. Осокин А. В. Исследование кинематической схемы плоскоматричного гранулятора с активными цилиндрическими пресс-валками. *Вестник МГСУ*, 2017. Вип. 12. № 3(102). С. 317–325.

13. Болтянська Н. І. Розробка конструкції преса-гранулятора для переробки пташиного посліду. *Актуальні питання розвитку аграрної науки в Україні: зб. наук. праць Міжн. наук.-практ. конференції*. Ніжин, 2019. С. 84–91.

14. Рогач Ю. П. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів гранулятора з нерухомою матрицею. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: Проблеми надійності машин*. Харків, 2018. Вип. 192. С. 202–209.

15. Болтянська Н. І. Напрями удосконалення робочого процесу вальцово-матричних прес-грануляторів. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали Міжн. наук.-практ. форуму*. Мелітополь: ФОП Однорог Т.В. Частина 1. С. 33–36.

16. Болтянська Н. І. Взаємодія пресуючого ролика і матеріалу в прес-грануляторі. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 260–269.

17. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. *Общ. ред. В. П. Горячкин. Т. III: Теория*. ВИСХОМ. Москва. Л.: Сельхозгиз, 1936. 780 с.

18. Комар А. С. Вимоги до технологічних параметрів гранулятора. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф. мол. учених*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 173. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/komar-3-2021.pdf>

19. Boltianska N. I. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. *Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production: Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conf.* Uman, 2019. P. 18-20.

20. Комар А. С. Методика експериментальних досліджень установки для виготовлення пелет з перепелиного посліду. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 2. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-2.pdf> (дата звернення: 25.04.2021).

21. Boltianska N. I. Fertilization of poultry manure by granulation. *Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production: Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference*. 2019. Pp. 18–20

22. Комар А. С. Гранулювання органічних відходів рослинного





походження на прикладі очерету. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 1. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsstt/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-1.pdf> (дата звернення: 25.04.2021)

23. Shai O., Mohr E. Transforming engineering knowledge through graph representations: transferring the Willis method to linkages and trusses. *Engineering with computers*, 2004, vol. 20, iss. 1, Pp. 2–10.

24. Boltianska N. I. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. *Topical issues of development of agrarian science in Ukraine, Coll. scientific-works of Intern.* Nizhin. 2019. pp. 84–91.

**A. Komar**

**Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University**

## **DETERMINATION OF THE PRESS ROLLERS KINEMATIC PARAMETERS GRANULATOR WITH FLAT MATRIX**

### *Summary*

The processes of granulating materials are massive technological processes that are currently widely used in almost all industries, in particular in agriculture. This is due to the advantages of granules in comparison with powdered, pasty and liquid forms of substances. Granules have good mobility, they do not stick to the hopper surface, do not cake during storage, do not generate dust during transportation and packaging. The use of granular intermediates allows you to intensify the technological process, improves the sanitary conditions of work. For the introduction of automatic dosing and filling systems, it is necessary to obtain a product in granular form. The use of such progressive types of transportation of materials as pneumatic and vibration transport is often possible only in the presence of granular non-dusting products. The die press granulator has taken the lead over the competition. If complex theoretical studies of the design of granulators with an annular matrix were studied in sufficient detail, then studies of the kinematics of the movement of the working bodies of granulators with a flat matrix were practically not carried out. A detailed analysis of the kinematic diagram of the installation allows a rational approach to the design process of new equipment, and the kinematics of the movement of the working bodies determines the nature of their movement and speed parameters, as well as the energy consumption for the operation of the unit.

In this regard, for the formation of pellets from bird droppings in granulators with a flat matrix, movement of the press roller on a fixed matrix and rotation around its axis are discussed in this article. Analytical studies of the interaction of the active working organs of the granulator with a flat matrix have been carried out. The forces acting on a cylindrical press roller during its operation are considered. The kinematic parameters are determined and their relationship with the design parameters of the press roller is established. Analytical equations are obtained: determination of the neutral section (the most characteristic), the moment of driving the granulator press roller and the power required for rolling several press rollers.

**Key words:** granulator, press roller, flat matrix, kinematic parameters, applied forces, bird droppings.





**А.С. Комар**

**Таврический государственный агротехнологический университет  
имени Дмитрия Моторного**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ПРИКАТЫВАЮЩИХ РОЛИКОВ ГРАНУЛЯТОРА С ПЛОСКОЙ  
МАТРИЦЕЙ**

***Аннотация***

Процессы гранулирования материалов являются массовыми технологическими процессами, которые в настоящее время нашли применение в сельском хозяйстве. Если комплексные теоретические исследования конструкции грануляторов с кольцевой матрицей изучались достаточно подробно, то исследования кинематики движения рабочих органов грануляторов с плоской матрицей практически не проводились. Кинематика движения рабочих органов определяет характер их движения и скоростные параметры, а также затраты энергии на работу агрегата.

В связи с этим для формирования гранул из птичьего помета в грануляторах с плоской матрицей в данной статье исследовано движение прикатывающего ролика по неподвижно закрепленной матрицы и вращением его вокруг своей оси. Рассмотрены силы, действующие на цилиндрический прикатывающий ролик при его работе. Определены кинематические параметры и установлена их взаимосвязь с конструктивными параметрами прикатывающего ролика. Получены аналитические уравнения для определения нейтрального сечения (наиболее характерного) прикатывающего ролика гранулятора, момента приведения в движение прикатывающего ролика и мощности необходимой для перекатывания нескольких прикатывающих роликов.

***Ключевые слова:*** гранулятор, прикатывающий ролик, плоская матрица, кинематические параметры, приложенные силы, птичий помет.



УДК 657.21:636

О. Г. Скляр, к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-0456-2479

Р. В. Скляр, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-1547-5100

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

E-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua, тел: +38(067)-916-85-80

## ФОРМУВАННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГОНОСІЇВ НА ВИРОБНИЦТВО ТВАРИННИЦЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

**Анотація.** Обґрунтовано необхідність та методичні підходи до формування нормативних витрат енергоносіїв на виробництво продукції тваринництва. Побудовано системну модель формування системно-комплексних нормативів їх витрачання. При цьому формування витрат енергоносіїв розглянуто комплексно у декількох аспектах: за їх видами, за операційними складовими технологічного процесу, за періодами виробничого процесу. Обґрунтовано, що витрати енергоносіїв по конкретних операціях формуються під впливом комплексу нормоутворюючих чинників: виробничі і технологічні чинники; рівень механізації та електрифікації технологічних процесів; кліматичні умови, наявне устаткування та способи забезпечення мікроклімату.

**Ключові слова:** енергоносії, тваринницька продукція, корм, нормоутворюючі чинники, паливо, нафтопродукти.

**Постановка проблеми.** Забезпечення економічної та фінансової стабільності аграрних підприємств в умовах ринкового середовища потребує вдосконалення принципів і методів формування витрат на виробництво продукції, яке зумовлене виробничими ресурсами, використовуваними підприємством. Управління виробництвом на основі економічних норм та нормативів, що має назву нормативного управління, дає можливість визначити раціональну величину та найвигідніше співвідношення між складовими витрат і кінцевими результатами виробництва [1-2].

У тваринництві понад 70% виробничих витрат абсолютної більшості видів продукції становлять матеріальні витрати. Тобто йдеться про високу матеріаломісткість продукції тваринництва. На формування останньої переважаючий вплив справляють витрати кормових ресурсів. Однак слід пам'ятати, що перманентне зростання вартості енергоносіїв справляє відчутний вплив на підвищення



собівартості продукції тваринництва ще поза самим виробництвом. Їх вартість домінує у виробничих витратах кормовиробництва та відповідно формує собівартість виробництва кормів. Безпосередні технологічні процеси в тваринницькій галузі також вимагають відповідних витрат енергоносіїв. У структурі собівартості виробленої продукції витрати на них становлять відносно незначну питому вагу. За даними статистичної звітності [3-6], в Україні за останні роки в середньому по провідних галузях тваринництва використовувані види енергетичних носіїв у структурному відношенні становлять: нафтопродукти – 4,8%, електроенергія – 3,2%, паливо – 0,8% від сукупних виробничих витрат. Враховуючи їх сумарну частку в межах 8...10% цим складовим витрат слід приділити більше уваги. Управління витратами повинне опиратись на відповідну нормативну базу витрачання всіх видів ресурсів, включаючи паливно-енергетичні ресурси, адже енергомісткість продукції – це суттєвий чинник формування її матеріаломісткості [7-11].

*Аналіз останніх досліджень.* Значний внесок у вивчення та дослідження основних засад формування виробничих витрат внесли такі науковці, як В. Г. Андрійчук, П. С. Березівський, С. І. Дем'яненко, П. Т. Саблук, Г. В. Черевко та ін. Вони проводили дослідження щодо теоретичних та практичних аспектів формування виробничих витрат, управління ними, зокрема, розглядали поняття та класифікацію витрат, ефективність управління витратами, особливості сучасної методології вимірювання витрат та обґрунтовували вплив форм власності і господарювання та макроекономічного регулювання на рівень виробничих витрат в сільському господарстві [12-16]. Незважаючи на численні наукові розробки, проблема створення ефективного механізму нормативних витрат енергоносіїв на виробництво продукції тваринництва, яка б враховувала специфіку галузей, залишається невирішеною. Усе це свідчить про актуальність теми, а відтак зумовило вибір напрямку дослідження в науковому і практичному аспектах.

*Формулювання мети статті.* Формулювання методичних принципів розроблення системно-комплексних норм витрачання енергоносіїв на основі діючої системи норм і нормативів витрат живої праці та матеріальних ресурсів.

*Основна частина.* Економічний зміст енергоносіїв у виробництві зумовлюється їхньою споживною вартістю, тобто можливістю видобутку з них енергії, яка необхідна для здійснення технологічних процесів. Вони розглядаються як самостійний вид матеріальних ресурсів і виступають самостійним об'єктом бухгалтерського обліку та економічного аналізу. Розглядаючи останнє з позицій управлінського аналізу, тобто нормативного управління витратами, необхідне вдосконалення нормативної бази щодо оптимізації їх витрачання.



Згідно з організаційно-методичними напрямами в бухгалтерському обліку та звітності в агропромисловому виробництві розрізняють три види енергоносіїв: нафтопродукти, електроенергія та паливо. Такий поділ дещо узагальнений, оскільки окремі з них поділяють на ще декілька видів. Тому розробка комплексних норм їх витрачання повинна вестись конкретно по кожному, з повним урахуванням номенклатури їх застосування. Норми витрачання енергоносіїв повинні містити натуральні виміри з розрахунку на одиницю продукції або одиницю обслуговуваного поголів'я.

Формування витрат енергоносіїв слід розглядати комплексно у декількох аспектах: за їх видами, за операційними складовими технологічного процесу, за періодами виробничого процесу.

У таблиці 1 наведена приблизна структура витрат по кожному виду енергоносіїв та по технологічних складових виробництва. Незаповнені комірки таблиці можуть додатково містити відповідні варіанти витрат. Наприклад, операція «Первинна обробка та зберігання продукції», може передбачати, крім споживання електричної енергії холодильними установками, ще й обпалювання туш вбитих тварин (бензин, газ). Аналогічно по операціях «Доїння» та «Освітлення» можливі варіанти використання пересувних електростанцій з приводом від двигунів внутрішнього згоряння. Тому за необхідності дану схему можна доповнити.

Як видно, сукупні витрати кожного виду енергоносіїв можна визначити підсумувавши їх витрати по окремих операціях. Так, сукупні витрати дизельного палива дорівнюють

$$D = D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n;$$

електроенергії:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$$

Витрати енергоносіїв по конкретних операціях формуються під впливом комплексу нормоутворюючих чинників. Однак за істотністю та характером впливу їх можна згрупувати наступним чином:

- виробничі чинники: поголів'я та його структура, рівень продуктивності, обсяги виробничих площ, допоміжних приміщень, територія ферми;

- технологічні чинники: технологія утримання та обслуговування поголів'я, способи доставки кормів, кормоприготування, роздавання кормів, доїння, гноєвидалення, первинної обробки продукції тощо;



- рівень механізації та електрифікації технологічних процесів, частка трудових операцій, що виконуються за допомогою механізмів;
- кліматичні умови, наявне устаткування та способи забезпечення мікроклімату.

Таблиця 1

Структурування витрат енергоносіїв за їх видами та технологічними складовими виробничого процесу

Складові технологічного процесу та види загально-виробничих потреб	Види енергоносіїв та їх поопераційне застосування (коди)						
	нафтопродукти			паливо			
	дизпаливо (Д)	бензин (Б)	електро-енергія (Е)	газ (Г)	рідке паливо (Рп)	вугілля (В)	інші види (Іп)
Навантажування кормів У т.ч.: грубих кормів силосу концентрованих ...	Д <sub>1</sub>		Е <sub>1</sub>	-	-	-	-
	Д <sub>1-1</sub>			-	-	-	-
	Д <sub>1-2</sub>			-	-	-	-
			Е <sub>1-1</sub>	-	-	-	-
Транспортування кормів У т.ч.: грубих кормів силосу ...	Д <sub>2</sub>	Б <sub>1</sub>		-	-	-	-
	Д <sub>2-1</sub>			-	-	-	-
	Д <sub>2-2</sub>			-	-	-	-
	Д <sub>2-n</sub>			-	-	-	-
Роздавання кормів	Д <sub>3</sub>		Е <sub>2</sub>	-	-	-	-
Приготування кормів		-	Е <sub>3</sub>	-	Р <sub>п1</sub>	-	
Доїння			Е <sub>4</sub>	-	-	-	-
Первинна обробка та зберігання продукції	-		Е <sub>5</sub>		-	-	-
Транспортування продукції		Б <sub>2</sub>	-	-	-	-	-
Водопостачання	Д <sub>4</sub>		Е <sub>6</sub>	-	-	-	-
Гаряче водопостачання			Е <sub>7</sub>		Р <sub>п2</sub>		
Гносвидалення	Д <sub>5</sub>		Е <sub>8</sub>	-	-	-	-
Транспортування гною	Д <sub>6</sub>			-	-	-	-
Забезпечення мікроклімату У т.ч.: обігрівання приміщень вентиляція приміщень	-	-	Е <sub>9</sub>	-	-	-	
	-	-	Е <sub>9-1</sub>	Г <sub>1</sub>			
	-	-	Е <sub>9-2</sub>	-	-	-	-
Освітлення У т.ч.: приміщень території ...	-	-	Е <sub>10</sub>	-	-	-	-
			Е <sub>10-1</sub>	-	-	-	-
	-	-	Е <sub>10-2</sub>	-	-	-	-
	Д <sub>n</sub>	Б <sub>n</sub>	Е <sub>n</sub>	Г <sub>n</sub>	Р <sub>пn</sub>	...	...

Для вироблення методичних принципів розроблення системно-комплексних нормативів витрачання енергоносіїв необхідна побудова системної моделі, яка враховувала б вхідні показники формування їх



витрат, весь комплекс нормоутворюючих чинників та безпосередньо процес формування, вихідні показники.

Запропонована нами модель, що наведено на рисунку 1, в структурному плані містить три блоки, що виділені пунктирними лініями: вхід – процес – вихід. Вхідний блок поєднує основні групи нормоутворюючих чинників та використовуваних залежно від виробничо-технологічних і кліматичних умов види енергоносіїв. Блок формування показників витрат структурований по окремих видах енергоносіїв та згідно з технологічними операціями, де вони застосовуються. Поопераційні нормативні витрати енергоносіїв встановлюють на основі типових нормативів витрат на одиницю роботи (на 1 т вантажу, 1 м<sup>3</sup> пари, 1 годину роботи механізмів і т.д.) та обсягів чи тривалості роботи механізмів, як добуток. Ці дві групи показників є визначальними поелементними складовими в блоці. І діючі типові норми витрачання палива, і технічні норми споживання електроенергії машинами та устаткуванням достатньою мірою обґрунтовані [17-21]. В кожному конкретному випадку розроблення нормативних витрат енергоносіїв згідно з існуючими параметрами виробництва здійснюється їх фасетне використання на основі існуючих взаємозв'язків між технологією виконання робіт (види кормів за класом вантажу, відстані доставки), типів устаткування (вантажопідйомність транспортних засобів, навантажувачів) та обсягів виробництва (річна нормативна потреба в кормах та воді, вихід продукції, гною, кліматичні умови). На схемі моделі відображено ці взаємозв'язки.

Отже, принципи методології розроблення нормативів витрачання енергоносіїв – це принципи побудови моделей, які здатні змінюватись та уточнюватись відповідно до конкретного варіанта чинників та відповідних їм поелементних норм витрачання. Блок виходу системно-комплексних нормативів ґрунтується на сукупних нормативних показниках витрачання по видах енергоносіїв, розділених на обсяги виробництва (вироблену продукцію), або розміри поголів'я (на 1 гол., на 1 ум. гол., на 100 гол. і т.п.). Отримані таким шляхом нормативи, як такі, що встановлені на нормативній основі, є раціональними. Наступний перерахунок їх у вартісні показники дасть можливість визначити питомі величини витрат енергоносіїв у нормативній собівартості виробництва та використання їх у процесі прогнозного планування.

Дана системна модель не вирішує питання диференціювання кінцевих показників, тобто групування всіх можливих організаційно-технологічних варіантів з метою вироблення системно-комплексних нормативів відповідних рівням нормоутворюючих чинників. Для вирішення цієї проблеми необхідне визначення їх функціональних залежностей від всього комплексу чинників, міри впливу кожного



чинника, зокрема, та застосування економіко-математичного моделювання на основі інформаційних технологій.



Рисунок 1. Методологічна модель розроблення системно-комплексних нормативів витрат енергоносіїв

*Висновки.* Обґрунтовано необхідність та сформульовано основні методичні принципи нормативного формування витрат енергоносіїв на виробництво продукції тваринництва. З урахуванням всього комплексу нормоутворюючих чинників та на основі системного підходу побудовано методологічну модель розроблення системно-комплексних нормативів витрачання енергоносіїв у тваринництві.

Враховуючи існуючу множину організаційно-технологічних варіантів, запропоновано проводити розроблення та диференціацію



даних нормативів шляхом моделювання параметрів виробничих процесів, зокрема імітаційного моделювання.

#### Список використаних джерел

1. Скляр О.Г. Методологія оптимізації ресурсовикористання у тваринництві. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С. 245-251.
2. Boltianska N.I., Boltianskyi O.V., Boltianskyi B.V. Reducing energy expenses in the production of pork. *WayScience*. 2021. P.1. С. 27-29.
3. Milko D.O., Pedchenko G.P., Zhuravel D.P., Bratishko V.V. Results of the nutritional preservation research of the alfalfa laying on storage with two-phase compaction. *ИНМАТЕН - Сельскохозяйственное машиностроение*. 2020. Vol. 60. No. 1. pp. 269-274. DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-60-30>.
4. Болтянська Н.І., Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. *WayScience*. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
5. Скляр Р.В. Теоретичні дослідження режимів і параметрів метантенку біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь, 2020. Вип. 10, Т.1. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-14.
6. Serebryakova N., Podashevskaya H. Use of three-dimensional computer visualization in the study of nanostructures. Минск: БГАТУ, 2020. С. 517-519.
7. Boltianska N. I., Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. №1(19). pp. 7–12.
8. Скляр О.Г. Аналіз роботи біогазових установок. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник*. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 132-138.
9. Boltianska N., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.
10. Скляр Р.В. Аналіз способів подачі субстрату в метантенк біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь, 2020. Вип. 10. Т. 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-4.
11. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник. / Б.В. Болтянський, Н.І. Болтянська, С.В. Дереза. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
12. Zhuravel D., Boltianska N. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference*. Athens, Greece 2021. Pp. 231-233.
13. Скляр Р.В. Аналіз способів та засобів для перемішування субстрату в метантенках біогазових. *Machinery & Energetics. Journal of*



*Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. НУБіП. Київ, 2019. Вип. 10. № 4. С. 19-26.

14. Boltianska N., Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. Pp. 478-480.

15. Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research: The XIV International scientific-practical conference*. Bilbao. 2020. Pp. 431-433.

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

17. Boltianska N. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education*. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. Rome. 2021. Pp. 171-176.

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

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

20. Гелетуша Г.Г., Желєзна Т.А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні: аналітична записка БАУ №7. Біоенергетична асоціація України, 2014. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/position-paper-uabio-7-ua.pdf>

21. Скляр Р.В. Напрями використання органічних ресурсів у тваринництві. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С.210-217.

Стаття надійшла до редакції 8.04.2021р.

**A. Skliar, R. Skliar**  
**Dmytro Motornyi Tauria state agrotechnological university**

## **FORMATION OF ENERGY CONSUMPTIONS FOR THE PRODUCTION OF ANIMAL PRODUCTS**

### *Summary*

Ensuring the economic and financial stability of agricultural enterprises in a market environment requires the improvement of principles and methods of formation of costs for production, which is due to the production resources used by the enterprise. Production management on the basis of economic norms and standards, called normative management, makes it possible to determine the rational value and the most favorable ratio between the components of costs and final results of production. In animal



husbandry over 70% of production costs of the vast majority of products are material costs. That is, we are talking about the high material consumption of livestock products. The formation of the latter is dominated by the cost of feed resources. Despite numerous scientific developments, the problem of creating an effective mechanism for regulatory energy costs for the production of livestock products, which would take into account the specifics of the industry, remains unresolved. All this testifies to the urgency of the topic, and thus led to the choice of research direction in scientific and practical aspects.

The article substantiates the need and methodological approaches to the formation of regulatory energy costs for livestock production. A system model of formation of system-complex norms of their consumption is constructed. At the same time, the formation of energy costs is considered comprehensively in several aspects: by their types, by operational components of the technological process, by periods of the production process. It is substantiated that energy costs for specific operations are formed under the influence of a set of norm-setting factors: production and technological factors; level of mechanization and electrification of technological processes; climatic conditions, available equipment and ways to ensure the microclimate.

**Key words:** energy, livestock products, feed, normative factors, fuel, petroleum products.

**А.Г. Скляр, Р.В. Скляр**

**Таврический государственный агротехнологический университет имени  
Дмитрия Моторного**

## **ФОРМИРОВАНИЕ РАСХОДОВ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВО ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ**

### *Аннотация*

Обоснована необходимость и методические подходы к формированию нормативных затрат энергоносителей на производство продукции животноводства. Построено системную модель формирования системно-комплексных нормативов их расходования. При этом формирование расходов энергоносителей рассмотрено комплексно в нескольких аспектах: по их видам, по операционными составляющими технологического процесса, по периодам производственного процесса. Обосновано, что затраты энергоносителей по конкретным операциям формируются под влиянием комплекса нормообразующих факторов: производственные и технологические факторы; уровень механизации и электрификации технологических процессов; климатические условия; имеющееся оборудование и способы обеспечения микроклимата.

**Ключевые слова:** энергоносители, животноводческая продукция, корм, нормообразующие факторы, топливо, нефтепродукты.



УДК 636.363:66-913

А. О. Парієв, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-7193-1409

О. О. Дробишев,

ORCID: 0000-0002-7302-5060

Т. М. Коротченко,

ORCID: 0000-0002-1660-7187

*Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва*

e-mail: imtuaan@ukr.net

С.В. Сиротюк, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-9966-6299

*Львівський національний аграрний університет*

E-mail: ssyr@ukr.net, тел: +38(067)-939-62-46

Б.В. Болтянський, к.т.н.

ORCID: 0000-0003-2072-4025

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

E-mail: boris.boltianskyi@tsatu.edu.ua, тел: +38(097)-498-81-83

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ЗРАЗОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОТОКОВОГО ВНЕСЕННЯ КОМПОНЕНТІВ У КОРМОСУМІШІ

**Анотація.** Розроблено експериментальний зразок обладнання для потокового внесення компонентів кормів в процесі їх роздавання та проведено експериментальні дослідження. Перевагою розроблюваного обладнання є те, що його можна встановити на серійний кормороздавач типу КТУ-10, що забезпечить технологічний процес потокового внесення компонентів з можливістю рівномірно вносити компоненти у кормосуміш, а також мобільність, простота конструкції і невелика вартість.

Обладнання для потокового внесення компонентів кормів в процесі їх роздавання забезпечить зниження питомих витрат на приготування і роздачу кормів на 45 %, час приготування кормосуміші на 30 %, собівартість виробництва молока на 2,8 %, питомої матеріаломісткості обладнання з 430 кг/м<sup>3</sup> до 260 кг/м<sup>3</sup>.

Орієнтований річний економічний ефект від використання одного кормороздавача КТУ-10 з технічним засобом для потокового внесення компонентів у порівнянні з кормороздавачем СРК-10 складає 13,3 тис. грн. Строк окупності до 1,5 року.

**Ключові слова:** обладнання, потокове внесення, кормосуміш, експериментальні дослідження, конструкційно-технологічні параметри.



*Постановка проблеми.* На даний час недостатньо ефективних технічних засобів механізації для потокового внесення компонентів кормів при їх роздаванні, а в практиці вони відсутні. Більшою мірою вимогам щодо технічних засобів для потокового внесення компонентів відповідають технічні засоби з можливістю внесення у кормосуміші кількох компонентів і переміщенням між скотарськими приміщеннями, зокрема кормороздавачі КТУ-10 [1-3].

Однак вони вимагають подальшого вдосконалення з метою підвищення універсальності за компонентами роздавання, ефективності технологічного процесу приготування і роздавання кормів ВРХ та зниження питомих витрат [4-7].

*Аналіз останніх досліджень.* Аналіз технічних засобів потокового внесення різних компонентів кормів в процесі їх роздавання показав, що перевагою таких систем є значне скорочення ручної праці за рахунок механізованого та автоматизованого одночасного внесення в корм визначених обсягів різних компонентів. Але в існуючих технічних засобах відсутнє потокове внесення різних компонентів. Вони мають обмежену мобільність, високу складність конструкції та велику вартість [8-12].

В Запорізькому науково-дослідному центрі з механізації тваринництва НААН України (ЗНДЦМТ) проводились дослідження з оптимізації технології приготування та роздавання кормів, структурної побудови та параметрів процесів змішування та роздавання кормосумішей, з обґрунтування параметрів технологічного процесу потокового змішування кормосумішей та параметрів експериментальних робочих органів змішувачів-кормороздавачів [13].

Отже, керуючись світовим досвідом та базуючись на попередніх дослідженнях для усунення вищевказаних недоліків, необхідний такий технічний засіб для потокового внесення різних компонентів у кормосуміші в процесі роздавання кормів, який повинен виконувати наступні технологічні операції: накопичення окремих об'ємних масивів компонентів; механізоване налаштування та вимикання технічного засобу для потокового внесення компонентів у кормосуміші; дозовану потокову подачу компонентів у кормосуміші в процесі роздавання кормів [14-16].

*Формулювання мети статті.* Метою дослідження є підвищення ефективності технологічного процесу роздавання кормів шляхом створення обладнання для потокового внесення компонентів кормів в процесі їх роздавання та визначення його оптимальних конструкційно-технологічних параметрів.

*Основна частина.* В ЗНДЦМТ розроблено експериментальний зразок обладнання для потокового внесення компонентів кормів в процесі їх роздавання [17].





Конструктивна особливість експериментального зразка. На бітерно-транспортний вузькогабаритний кормороздавач типу КТУ-10 встановлюється 2-х секційний бункер концкормів з активним робочим органом, який складається з двох частин – спірального шнеку та лопатевого барабану. Лопатевий барабан виконано з гвинтовою навивкою, напрям якої співпадає з напрямом навивки спірального шнеку. З’ємна перегородка в бункері концкормів розташована на межі з’єднання спірального шнеку та лопатевого барабану робочого органа. Вивантажувальні вікна (вікна дозування) в бункері розташовані: шибер – напроти спірального шнеку, поворотна заслінка – напроти лопатевого барабану з гвинтовою навивкою.

Технологічна особливість. Бункер концкормів забезпечено з’ємною перегородкою, яка поділяє його на дві частини, та двома вивантажувальними вікнами дозування з заслінками. Це і забезпечує технологічний процес потокового внесення одночасно 2-х компонентів концентрованих кормів з можливістю дозовано вносити компоненти у кормосуміші.

Загальний вид експериментального зразка обладнання для потокового внесення компонентів кормів в процесі їх роздавання наведено на рисунку 1.



Рисунок 1. Загальний вид обладнання для потокового внесення компонентів у кормосуміші.

Технічну характеристику експериментального зразка обладнання для потокового внесення компонентів кормів наведено в таблиці 1.



Таблиця 1

Технічна характеристика експериментального зразка обладнання для потокового внесення компонентів кормів

Вузькогабаритний кормороздавач	
Тип машини	одновісний, напівпричепний
Енергетичний засіб	трактор Т-01217
Вантажопідйомність, кН (тс)	
Швидкість, км/год. (м/с)	
Привод робочих органів	від ВВП трактора
Лінійна щільність роздавання кормів, кг/м (сінаж)	3...12
Продуктивність, т/год.	3...25
Місткість кузова, м <sup>3</sup>	2,5...3,0
Місткість бункера, м <sup>3</sup>	0,2
Потужність приводу, кВт:	
пристрій для роздачі	
бункер концкормів	
Бункер концкормів	
Місткість бункера, м <sup>3</sup>	0,2
Габаритні розміри, мм (ширина, довжина, висота)	460x1104x723
Маса, кг	до 117
Кількість секцій	2
Об'єм секції, м <sup>3</sup>	0,1
Тип дозатора компонентів	бункерний (щілинний)
Тип приводу робочого органу	механічний

Дослідження експериментального зразка обладнання для потокового внесення компонентів кормів в процесі їх роздавання проводились на базі вузькогабаритного кормороздавача для визначення оптимальних конструкційно-технологічних параметрів на основі багатофакторного 3-рівневого стандартного плану експерименту Бокса-Бенкена [17].

Визначення оптимальних конструкційно-режимних параметрів обладнання передбачено за такими критеріями:

- масова продуктивність подачі компонентів (лінійна і годинна);
- нерівномірність подачі компонентів – коефіцієнт варіації.

Проведено експериментальні дослідження обладнання для потокового внесення компонентів кормів. Фрагменти дослідження наведено на рисунку 2.

Результати внесення висівок, комбікорму, зерна і піску шибєрно-шнековим і барабанно-заслінковим дозаторами мають аналогічну структуру і зумовили визначення оптимальних параметрів обладнання.



Видача висівок бункером з шиберно-шнековим дозатором



Видача суміші бункером: зерна з барабанно-заслінковим і піску з шиберно-шнековим дозаторами



Валок висівок (10 м). Видача бункером з шиберно-шнековим дозатором



Валок суміші (10 м). Видача зерна з барабанно-заслінковим і піску з шиберно-шнековим дозаторами

Рисунок 2. Експериментальні дослідження обладнання.

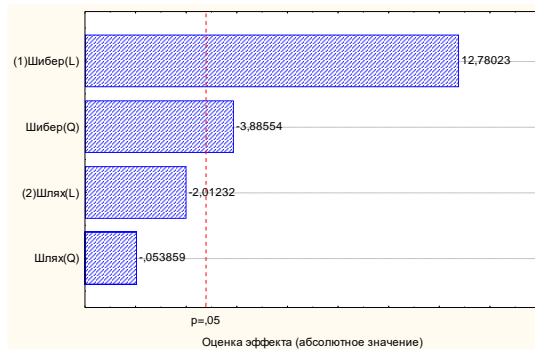
За результатами експериментальних досліджень обладнання для потокового внесення компонентів кормів визначено, що продуктивність і рівномірність видачі компонентів сипких кормів в потоці складають від 0,3 до 3,5 кг/м при варіації (нерівномірності подачі компонентів) 4-11%.

Визначено оптимальні конструкційно-технологічні параметри обладнання для потокового внесення:

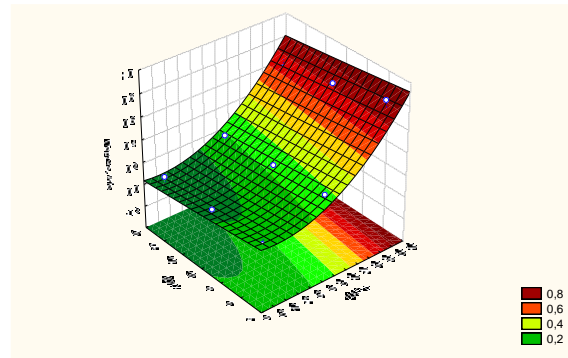
- параметри робочого органу: довжина – 1104 мм, зовнішній діаметр – 100 мм, крок гвинта – 100 мм, частота обертання – 60 об./хв.;
- розмір вікон дозування: одне напроти спірального шнеку – 200x40 мм, а друге напроти лопатевого барабану з гвинтовою навивкою – 555x40 мм.

На рисунку 3 наведено результати одного з восьми категоріальних двомірних блоків дослідження – нерівномірність і масова секундна подача (внесення, видача) висівок шиберно-шнековим бункерним обладнанням при оптимальних обертах шнека 70 об./хв. [18].

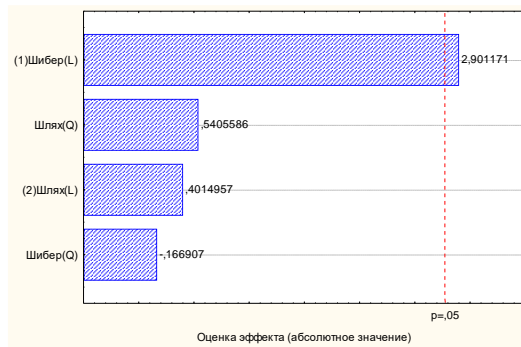
Результати експериментальних досліджень оброблено з застосуванням програми Statistica 6.1. [19].



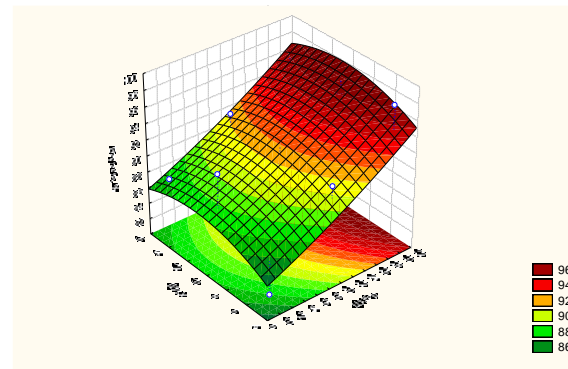
Вплив ширини шиберу та шляху роздавання на масову та годинну подачу висівок



Залежність подачі висівок від ширини шиберу та інтервалу шляху роздавання



Вплив ефекту ширини шиберу та шляху роздавання на нерівномірність роздавання



Залежність нерівномірності роздавання від ширини шиберу та інтервалу шляху роздавання

Рисунок 3. Експериментальні залежності годинної подачі і нерівномірності (варіації) роздавання висівок шиберно-шнековим бункером від ширини шиберу і інтервалу фронту роздавання (Statistika 6.1).

Перевагою розроблюваного обладнання є те, що його можна встановити на серійний кормороздавач типа КТУ-10, що забезпечить технологічний процес потокового внесення компонентів з можливістю рівномірно вносити компоненти у кормосуміш, а також мобільність, простота конструкції і невелика вартість.

Обладнання для потокового внесення компонентів кормів в процесі їх роздавання забезпечить зниження питомих витрат на приготування і роздавання кормів на 45%, час приготування кормосуміші – на 30%, собівартості виробництва молока – на 2,8%, питомої матеріаломісткості обладнання – з 430 кг/м<sup>3</sup> до 260 кг/м<sup>3</sup>.



### *Висновки.*

1. Створено експериментальний зразок обладнання для потокового внесення компонентів кормів в процесі їх роздавання. Конструктивна особливість експериментального зразка обладнання для потокового внесення – активний робочий орган, що складається з двох частин – спірального шнеку та лопатевого барабану. Лопатевий барабан виконано з гвинтовою навивкою, напрям якої співпадає з напрямом навивки спірального шнеку.

Технологічна особливість – бункер концкормів забезпечено з'ємною перегородкою, яка поділяє його на дві частини, та двома вивантажувальними вікнами з заслінками дозування. Це забезпечує технологічний процес потокового внесення одночасно 2-х компонентів концентрованих кормів з можливістю дозовано вносити компоненти у кормосуміші.

2. Проведено експериментальні дослідження бункерного обладнання для потокового внесення компонентів кормів з двома дозуючими робочими органами: шибер ковзання з подаючим спіральним шнеком та барабанний дозатор з гвинтовими лопатями і поворотною заслінкою, та бункером, який обладнано з'ємною перегородкою та двома вікнами дозування.

3. За результатами експериментальних досліджень обладнання для потокового внесення компонентів кормів визначено, що продуктивність і рівномірність видачі компонентів сипких кормів в потоці складають від 0,3 до 3,5 кг/м при варіації (нерівномірності подачі компонентів) 4-11%.

4. Визначено оптимальні конструкційно-технологічні параметри обладнання для потокового внесення компонентів кормів:

- параметри робочого органу: довжина – 1104 мм, зовнішній діаметр – 100 мм, крок гвинта – 100 мм, частота обертання – 60 об./хв.;
- розмір вікон дозування: одне напроти спірального шнеку – 200x40 мм, а друге – напроти лопатевого барабану з гвинтовою навивкою – 555x40 мм.

5. Орієнтований річний економічний ефект від використання одного кормороздавача КТУ-10 з технічним засобом для потокового внесення компонентів у порівнянні з кормороздавачем СРК-10 складає 13,3 тис. грн., строк окупності – до 1,5 року.

6. Обладнання для потокового внесення компонентів кормів в процесі їх роздавання забезпечить зниження питомих витрат на приготування і роздачу кормів на 45%, час приготування кормосуміші – на 30%, собівартість виробництва молока – на 2,8%, питомої матеріаломісткості обладнання – з 430 кг/м<sup>3</sup> до 260 кг/м<sup>3</sup>.





## Список використаних джерел

1. Ревенко І., Лісовенко Т., Хмельовський В. Сучасний ринок засобів роздавання кормів рогатій худобі. *Пропозиція*, 2008. № 9. 183 с.
2. Serebryakova N., Podashevskaya H., Manita I. Selection of optimal modes of heat treatment of grain. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 20-24.
3. Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Bilbao. 2020. Pp. 431-433.
4. Шацький В. В., Воронін Л. С. Напрями розвитку техніко-технологічної системи приготування і роздачі кормів на фермах великої рогатої худоби. *Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві*. Запоріжжя, 2008. Вип. 1 (3-4). С. 54-62.
5. Boltianska N.I., Boltianskyi O.V., Boltianskyi B.V. Reducing energy expenses in the production of pork. *WayScience*. Dnipro, Ukraine, 2021. P.1. С. 27-29.
6. Manita I., Podashevskaya H. Areas of application of nanotechnologies in animal husbandry. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 357-361.
7. Sklar R. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Rome, Italy 2021. Pp. 171-176.
8. Доруда С. А., Алиев Є. Б. Усовершенствование конструктивно-технологической схемы смесителя-кормораздатчика потокового типа. *Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-практ. конф., .... (г. Минск, 28-30 ноября 2013 г.)*. Минск, 2013. С. 260-263.
9. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. Pp. 478-480.
10. Serebryakova N. Use of threedimensional computer visualization in the study of nanostructures. Минск: БГАТУ, 2020. С. 517-519.
11. Komar A. S. Fertilization of poultry manure by granulation. *Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production: Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference*. 2019. Pp. 18-20
12. Boltianska N.I., Manita I., Podashevskaya H. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine.





*Інженерія природокористування*. Харків: ХНУСГ, 2020. №2(16). С. 33–37.

13. Доруда С. О. Експериментальні дослідження потокового процесу змішування кормосумішей для скотарства *Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві*. Запоріжжя, 2011. Вип. 1 (7). С. 157-164.

14. Спосіб змішування кормів: пат. 57974 Україна: МПК (2011.01) А01К 5/02, А01К 5/00; заявл. 16.08.2010; опубл. 25.03.2011, Бюл. № 6.

15. Кормороздавач: пат. 130749 Україна: МПК (2018.01) А01К 5/00; заявл. 07.06.2018; опубл. 26.12.2018. Бюл. № 24.

16. Кормороздавач: пат. 144827 Україна: МПК (2020.01) А01К 5/00; заявл. 01.06.2020; опубл. 26.10.2020. Бюл. № 20.

17. ДСТУ 3974-2000. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення. [Чинний від 2000-07-01]. Київ, 2001. 38 с.

18. Доруда С. А. Методика проведення експериментальних досліджень смесителя-кормороздатчика потокового типу. *Вестник всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. Москва, 2013. Вып. 4 (12). С. 36-40.

19. Алієв Е. Б., Доруда С. О. Моделювання процесу потокового змішування кормосумішей з використанням методу дискретних елементів *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2013. № 97. С. 536-544.

Стаття надійшла до редакції 8.04.2021р.

**A. Pariev, O. Drobyshch, T. Korotchenko**  
**Zaporozhye research center for livestock mechanization**  
**S. Syrotyuk**  
**Lviv National Agrarian University**  
**B. Boltianskyi**  
**Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University**

## **EXPERIMENTAL SAMPLE OF EQUIPMENT FOR FLOW INTRODUCTION OF COMPONENTS IN THE FEED**

### *Summary*

An experimental sample of equipment for streaming of feed components in the process of their distribution was created. The constructive feature of the experimental sample equipment for streaming - an active working body consists of two parts - a spiral screw and a drum with blades. The drum with blades is executed with a screw skill, which coincides with the direction of a spiral screw. The technological feature - the concovines bunker is provided with a septum, which shares it into two parts, and two unloading windows with dosage. This provides the technological process of streaming



simultaneously 2 components of concentrated feeds with the ability to accommodate components in feed mix. Experimental studies of bunker equipment for streaming of feed components with two dosing operations are carried out: slide shivers with a spiral screw and drum dispenser with screw blades and a rotary valve, and a bunker, which is equipped with a septum and two dosing windows.

According to experimental studies, the equipment for streaming of feed components is determined that the productivity and uniformity of the production of components of bulk feed in the stream are from 0,3 to 3,5 kg / m in a variation of 4-11%. The optimal structural and technological parameters of equipment for streaming are determined. The oriented annual economic effect of using one feeder CTU-10 with a technical means for streaming components in comparison with the feeder SRK-10 is 13,3 thousand UAH. Payback period up to 1,5 years. Equipment for streaming of feed components in the process of their distribution will provide a decrease in specific costs for preparation and distribution of feed by 45%, the preparation of feed mixing by 30%, the cost of milk production by 2,8%, specific material content of equipment with 430 kg / m<sup>3</sup> 260 kg / m<sup>3</sup>.

**Key words:** equipment, flow application, feed mixture, experimental research, construction and technological parameters

**А.А. Париев, О.А. Дробишев, Т.Н. Коротченко**

**Запорожский научно-исследовательский центр по механизации  
животноводства**

**С.В. Сиротюк**

**Львовский национальный аграрный университет**

**Б.В. Болтянский**

**Таврический государственный агротехнологический университет имени  
Дмитрия Моторного**

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ОБРАЦЕЦ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОТОКОВОГО ВНЕСЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ В КОРМОСМЕСИ**

### **Аннотация**

Разработан экспериментальный образец оборудования для потокового внесения компонентов кормов в процессе их раздачи и проведены экспериментальные исследования. Преимуществом разрабатываемого оборудования является то, что его можно установить на серийный кормораздатчик типа КТУ-10, что обеспечит технологический процесс потокового внесения компонентов с возможностью равномерно вносить компоненты в кормосмеси, а также мобильность, простота конструкции и небольшая стоимость.

Оборудование для потокового внесения компонентов кормов в процессе их раздачи обеспечит снижение удельных затрат на приготовление и раздачу кормов на 45%, время приготовления кормосмеси на 30%, себестоимость производства молока на 2,8%, удельной материалоемкости оборудования с 430 кг/м<sup>3</sup> до 260 кг/м<sup>3</sup>. Ориентированный годовой экономический эффект от использования одного кормораздатчика КТУ-10 с техническим средством для потокового внесения компонентов по сравнению с кормораздатчиком СРК-10 составляет 13,3 тыс. грн. Срок окупаемости до 1,5 года.

**Ключевые слова:** оборудование, потоковое внесения, кормосмеси, экспериментальные исследования, конструкционно-технологические параметры.



УДК 621.43

О. Б. Стефановський, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-5851-5918

О. В. Болтянський, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-9543-5538

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

e-mail: mez@tsatu.edu.ua, тел: +38(0619) 42-04-42

## УТОЧНЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕГРЕСІЙНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ФУНКЦІЯМИ ОСНОВНИХ РОЗМІРІВ ШЕСТЕРЕНЬ МАСЛЯНИХ НАСОСІВ ТРАНСПОРТНИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

**Анотація.** На основі аналізу опублікованих відомостей про шестерінчасті масляні насоси транспортних двигунів внутрішнього згоряння запропоновані уточнені варіанти регресійної залежності відношення ширини і зовнішнього діаметра шестерень такого насоса (з зовнішнім зачепленням) від різниці цих розмірів, коли ширина більше зовнішнього діаметра. Всього досліджено близько 30 конструкцій масляних насосів. Найбільш представницька з цих залежностей, що описує масляні насоси вітчизняних автотракторних двигунів (як бензинових, так і дизельних), має вигляд лінійної функції та характеризується середньою по абсолютній величині відносною похибкою близько 0,015. Інші варіанти залежностей, що представлені у формі квадратичних функцій логарифма різниці зазначених розмірів, відповідають меншим сукупностям масляних насосів дизелів різного призначення (з діаметром циліндрів від 21 до 40 см) і характеризуються цією похибкою близько 0,01 і 0,022.

**Ключові слова:** двигун, масляний насос, шестерня, ширина, зовнішній діаметр, параметр, регресійна залежність.

**Постановка проблеми.** Розвиток технологій виробництва сільськогосподарської продукції і техніки в Україні відбувається з урахуванням впливу досягнень науково-технічного прогресу в провідних країнах світу, де індустріальні методи в сільському господарстві поєднуються з високоефективними агротехнологіями. Їх впровадження зумовлює оновлення парку машин і прискорює технічний прогрес в сільськогосподарському машинобудуванні [1-4]. Рост автомобільного парку, а також інтенсифікація його використання призводять до загострення проблем вичерпання непоновлюваних природних, перш за все енергетичних ресурсів, до негативної дії на



навколишнє середовище в глобальному масштабі та на локальному рівні. Багато з названих причин є наслідком незадовільного стану двигунобудівної галузі [5,6]. На автомобілях та інших видах дорожньо-транспортних засобів встановлюються, в основному, двигуни внутрішнього згоряння. Основою автотранспортної енергетики в найближчому майбутньому будуть поршневі двигуни внутрішнього згоряння, які внаслідок столітнього розвитку досягли високої досконалості [7-9].

*Аналіз останніх досліджень.* Питаннями залежностей відносини основних розмірів шестерень масляних насосів автотракторних двигунів від різниці цих розмірів займалися такі вчені: Зейнетдинов Р. А., Д'яков І. Ф., Стефановський О. Б Яригін С. В., Запов Ю. И., Лашко В. А., Колчин А. І., Демідов В. П., Калімуллін Р. Ф., Горбачев С. В., Баловнев С. В., Тимченко І. І., Жадан П. В., Жилін С. С. та інші [10 – 18]. В роботі [19] представлені регресійні залежності (РЗ) відношення двох основних розмірів шестерень масляних насосів (МН) автотракторних двигунів із зовнішнім зачепленням – ширини  $b$  і зовнішнього діаметра  $d_{ex}$  – від різниці цих розмірів. Ці РЗ апроксимовані рядом математичних функцій, в яких різниця зазначених розмірів зведена в ступінь, який мало відрізняється від одиниці (0,95...1,17). Винятком є лише квадратична РЗ, що характеризує шестерні МН дизелів при  $b \geq d_{ex}$ :

$$\hat{b}/d_{ex} = 1,0 + 0,020(b - d_{ex}) - 0,00035(b - d_{ex})^2 \quad (1)$$

і відрізняється найбільш низьким коефіцієнтом кореляції, що дорівнює 0,89. Останнє викликано відносною нечисленністю дослідних точок (розглянутих конструкцій МН) і більш помітним їх розсіюванням, ніж в інших випадках.

В роботі [19] показано, що при розрахунку одного з основних розмірів шестірні МН дизеля при відомому другому, точність результату істотно залежить від правильності вибору величини коефіцієнта  $a_1$  при квадраті різниці цих розмірів; в (1) цей коефіцієнт прийнятий 0,00035 в середньому для дослідженої в [19] сукупності точок. Тому доцільним є пошук іншої форми РЗ відношення  $b/d_{ex}$  від різниці цих розмірів у області  $b \geq d_{ex}$ .

*Формулювання мети статті.* Метою дослідження є отримання більш чіткої РЗ відношення ширини і зовнішнього діаметра шестерні МН вітчизняних 4-тактних транспортних двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) від різниці цих розмірів у області  $b \geq d_{ex}$ .

*Основна частина.* На рисунку 1 представлена досліджена сукупність дослідних точок для шестеренних МН транспортних ДВЗ з  $b > d_{ex}$ , істотно доповнена в порівнянні з роботою [19]. Всього розглянуто 10 конструкцій МН бензинових двигунів і 21 конструкція



МН дизелів. На графіку також нанесені лінії 4 і 5 двох РЗ, запропонованих в роботі [10] для автомобільних бензинових двигунів і різних дизелів (для останніх – згідно з (1)).

Як видно, формула (1) недостатньо добре відображає специфіку дослідженої сукупності точок і не може використовуватися при  $b > 1,3d_{ex}$ , а також для різниць розмірів шестерні 5...10 мм при  $b = (1,03... 1,1)d_{ex}$ . У той же час, РЗ згідно лінії 4, запропонована в [19] для вітчизняних автомобільних бензинових двигунів, незначно відрізняється від РЗ 1 для лівої підгрупи дослідчених точок на рис. 1, але непридатна для опису іншої частини дослідженої сукупності.

Пропонована РЗ, згідно з лінією 1 на рис. 1, більш універсальна, ніж РЗ 4 [19], і придатна для 19 МН всіх розглянутих автотракторних двигунів:

$$\hat{b}/d_{ex} = 1,0 + 0,0265(b - d_{ex}), \quad (2)$$

де числовий коефіцієнт при різниці розмірів знайдений методом найменших квадратів (МНК) з корекцією результату.

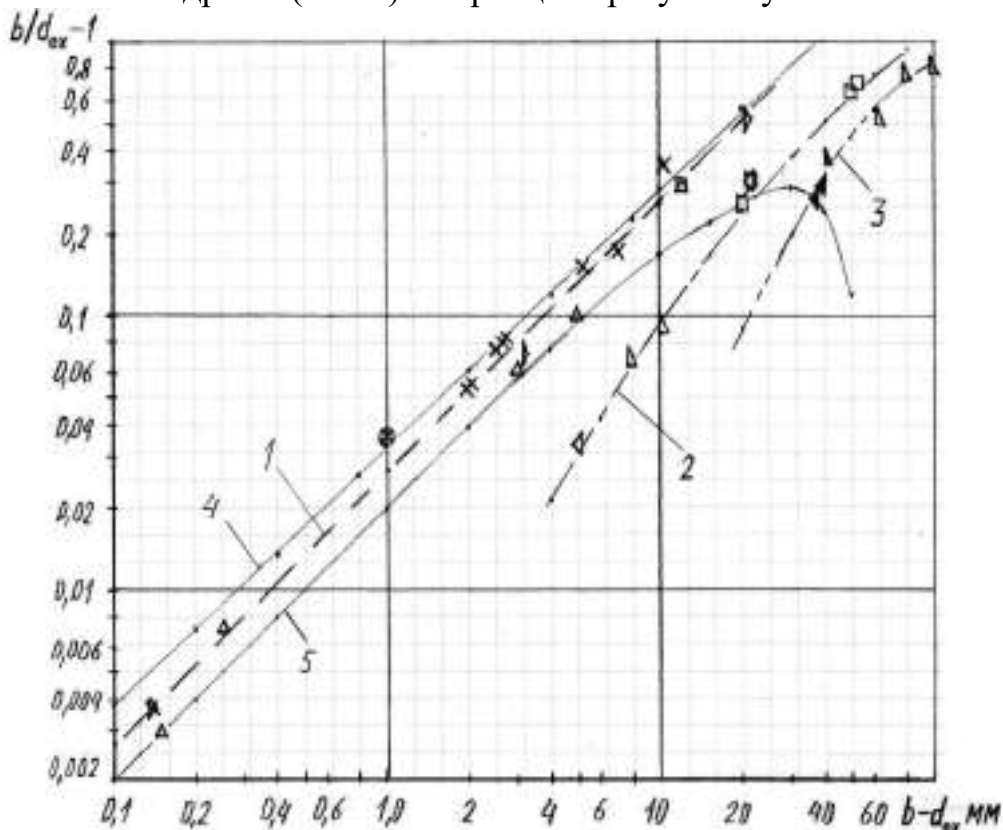


Рисунок 1. Регресійна залежність відношення ширини і зовнішнього діаметра шестерні МН вітчизняних транспортних ДВЗ, зменшеного на одиницю, від різниці цих розмірів (1 - автотракторні двигуни, 2 і 3 - дизелі різного призначення; 4 і 5 - РЗ, представлені в роботі [19]).





Цієї РЗ властиві коефіцієнт кореляції близько 0,985; середнє квадратичне відхилення (СКВ) 0,029; середня по абсолютній величині відносна похибка (САВП) близько 0,015; межі відносної похибки розрахункових значень  $b/d_{ex}$  близько  $\pm 0,05$ . Хоча ці показники точності РЗ (2) дещо гірше, ніж РЗ 4 [19], залежність (2) має більш широку область застосування і краще обгрунтована дослідними даними.

Решту точок на рис. 1, що відносяться до МН різних дизелів, виявилось можливим описати двома додатковими нелінійними РЗ, параметри яких знайдені тим же способом. РЗ 2, що характеризує МН багатоцільових дизелів з розмірністю 21/21 (виробляються в м. Єкатеринбург), тепловозних з розмірністю 24/27 і 25/27 (випускалися в незначній кількості в м. Харків) і суднових з розмірністю 36/45 (випускалися в м. Нижній Новгород), має вигляд

$$\hat{b}/d_{ex} = 1,0 + \exp(-6,57 + 2,21\ln(b - d_{ex}) - 0,165\ln^2(b - d_{ex})) \quad (3)$$

і близька за формою до квадратичної функції. Цієї РЗ властиві коефіцієнт кореляції близько 0,999; СКВ 0,015; САВП близько 0,01; межі відносної похибки розрахункових значень  $b/d_{ex}$  близько  $\pm 0,015$ .

РЗ 3, що характеризує МН суднових дизелів з розмірністю 40/46 (німецької фірми MAN), тепловозних дизелів з розмірностями 31/36 (чехословацької фірми «ЧКД») і 26/26 (виробляються в м. Коломна), має вигляд

$$\hat{b}/d_{ex} = 1,0 + \exp(-13,5 + 5,2\ln(b - d_{ex}) - 0,50\ln^2(b - d_{ex})) \quad (4)$$

і близька за формою до кубічної функції. Цієї РЗ властиві коефіцієнт кореляції близько 0,987; СКВ 0,04; САВП близько 0,022; межі відносної похибки розрахункових значень  $b/d_{ex}$  близько  $\pm 0,04$ .

РЗ (2) можна записати у формі, аналогічній РЗ (3) і (4):

$$\hat{b}/d_{ex} = 1,0 + \exp(-3,6306 + \ln(b - d_{ex}) - 0 \cdot \ln^2(b - d_{ex})). \quad (5)$$

При зіставленні отриманих РЗ видно, що чим більше (в середньому) різниця розмірів шестерні  $b - d_{ex}$ , тим більше по величині стають коефіцієнти при ступенях логарифма цієї різниці. Для ліній 1, 2 і 3 (рис. 1) середня величина цієї різниці близька до 4, 12 і 60 мм. Видно, що при значеннях  $b - d_{ex} = 5 \dots 10$  мм можна знехтувати кривизною лінії 2, і тоді, згідно з (3), показник ступеня у різниці розмірів буде близько 1,9. Якщо різниця розмірів шестерні більше 10 мм, але менше 22 мм, то проста форма РЗ 1 (2) може використовуватися тільки для відношення  $b/d_{ex} = 1,28 \dots 1,52$ , властивого МН автотракторних 6- і 8-циліндрових дизелів ЯМЗ з розмірністю 13/14 і застарілих 6-циліндрових автомобільних бензинових двигунів «Урал».

Таким чином, заміна квадратичної РЗ (1) [19] трьома РЗ (2 – 4) привела до істотного поліпшення точності опису досліджених





досвідчених даних, що відносяться до розширеної сукупності МН вітчизняних і деяких іноземних транспортних ДВС з  $b > d_{ex}$ .

Недоліком різниці розмірів шестерні МН, як незалежної змінної, можна вважати неоднозначність відновлення значень цих розмірів для відомої їх різниці. Щоб послабити цей недолік, були досліджені залежності різниці двох розмірів шестерні МН від кожного з цих розмірів (рис. 2).

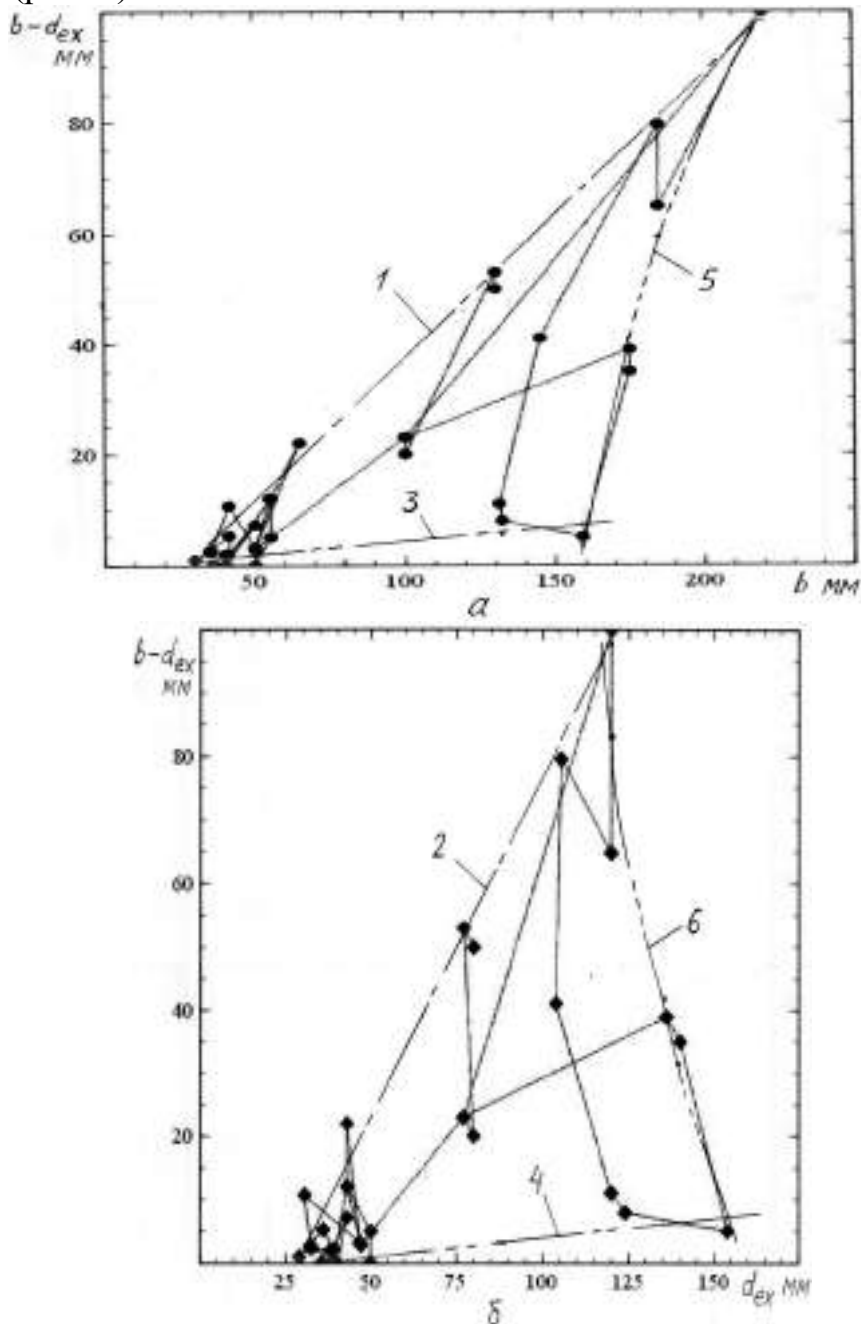


Рисунок 2. Регресійні залежності різниці ширини і зовнішнього діаметра шестерні МН вітчизняних транспортних ДВС від цих розмірів ( $a$  – від  $b$ ,  $b$  – від  $d_{ex}$ ; граничні лінії 1 і 2 – ліві, 3 і 4 – нижні, 5 і 6 – праві).

Як видно на графіках, дослідні точки розміщуються майже повністю в межах трикутних областей, межами яких служать прямі і



криві другого порядку. Крім лівій нижній частині, форма цих областей визначається положенням точок, що належать до розглянутих МН різних дизелів, у яких широко змінюються розміри шестерень. Лінії, якими з'єднані окремі точки на графіках рис. 2, згенеровані програмою *Veusz* і не є РЗ.

Праві криві 5 і 6 відносяться до тепловозних і суднових дизелів, які мають підвищені значення діаметра циліндрів (26...40 см) і не застосовуються в аграрному виробництві. Нижні лінії 3 і 4 відповідають лівим нижнім точкам, які в основному відносяться до МН автотракторних дизелів (розмірностей 8,7/9,4, 10/13, 13/14, 14,5/20,5), і правим нижнім точкам, які характеризують МН тепловозних і суднових дизелів з діаметром циліндрів 25 і 36 см.

Нарешті, лівими лініями 1 і 2 з'єднані ліві точки МН ряду автотракторних двигунів з правими верхніми точками, які належать до МН дизелів з розмірностями 21/21 і 26/26. Тому для автотракторних двигунів треба враховувати співвідношення розмірів шестерень МН і різниць цих розмірів, що відповідають лівим частинам ліній 1 – 4.

Ліві лінії 1 і 2 на рис. 2 математично описуються формулами, коефіцієнти яких знайдені за допомогою МНК:

$$(b - d_{ex})_{\max} = -14,23 + 0,512b; (b - d_{ex})_{\max 1} = -32,93 + 1,0835d_{ex}. \quad (6a, 6b)$$

Нижні лінії 3 і 4 описуються формулами:

$$(b - d_{ex})_{\min 1} = -1,980 + 0,058b; (b - d_{ex})_{\min} = -2,072 + 0,061d_{ex}. \quad (7a, 7b)$$

При цьому формулу (6б) можна використовувати для  $d_{ex} \approx 30... 120$  мм, а формулу (7а) – для  $b \approx 30... 160$  мм. Якщо  $d_{ex} > 120$  мм, то замість (6б) потрібно використовувати квадратичну функцію (8б), відповідну кривої 6, а якщо  $b > 160$  мм, то замість (7а) – функцію (8а), відповідну кривої 5:

$$(b - d_{ex})_{\min 2} = -828,6 + 7,855b - 0,0165b^2; \quad (8a)$$

$$(b - d_{ex})_{\max 2} = 646,6 - 6,608d_{ex} + 0,0159d_{ex}^2. \quad (8b)$$

Так як точність відтворення малих значень різниць розмірів шестерні МН цими формулами (особливо (6б)) невелика, середня відносна похибка розрахунку меж зміни  $b - d_{ex}$  з їх допомогою, як правило, перевищує одиницю. Тому ними можна користуватися для якісного прогнозу величини цих меж, коли заданий один з розмірів шестерні.

*Висновки.* Завдяки аналізу відомостей про шестерінчастих масляних насосах із зовнішнім зачепленням, встановлених в вітчизняних транспортних ДВС (а також деяких дизелях іноземного виробництва), отримані три варіанти (2, 3, 4) РЗ відношення ширини шестерні насоса до зовнішньому діаметру від різниці цих розмірів (для



випадку  $b > d_{ex}$ ). Кожен з цих варіантів точніше, ніж спочатку запропонована [1] для МН дизелів квадратична залежність (1). Для досліджених МН автотракторних двигунів (як бензинових, так і дизельних) отримана лінійна регресійна залежність  $b/d_{ex}$  від  $b - d_{ex}$  (2), яка замінює раніше отриману [19] для МН вітчизняних автомобільних бензинових двигунів. Межі зміни різниці розмірів шестерні МН  $b - d_{ex}$  можна приблизно встановити за допомогою функцій (6а, 6б, 7а, 7б, 8а, 8б), в залежності від будь-якого з цих розмірів.

#### Список використаних джерел

1. Sosnowski S. 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. Pp.49–54.
2. Boltianska N. I., Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. №1(19). pp. 7–12.
3. Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Минск, 2020. С. 519-522.
4. Skliar A., Boltyanskyi B. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer Nature Switzerland AG. 2019. Pp. 249-258.
5. 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.
6. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. Pp. 478-480.
7. Podashevskaya H., Serebryakova N. Use of three-dimensional computer visualization in the study of nanostructures. Минск: БГАТУ, 2020. С. 517-519.
8. Boltianskyi O.V., Boltianskyi B.V. Reducing energy expenses in the production of pork. WayScience. Dnipro, Ukraine, 2021. P.1. С. 27-29.
9. Zhuravel D., Boltianska N. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference*. Athens. 2021. Pp. 231-233.
10. Стефановский А. Б., Болтянский О. В. Свойства регрессионных зависимостей отношения основных размеров шестерён масляных насосов автотракторных двигателей от разности этих размеров. *Праці Таврійського державного аграрного університету. Технічні науки*.



Мелітополь, 2020. Вип. 20, т. 4. С. 203-224. DOI: 10.31388/2078-0877-2020-20-4-203-224.

11. Зейнетдинов Р. А., Дьяков И. Ф., Ярыгин С. В. Проектирование автотракторных двигателей: учеб. пособие. Ульяновск, 2004. 168 с.

12. Автомобильные двигатели: курсовое проектирование / Под ред. М. Г. Шатрова. М.: Академия, 2011. 256 с.

13. Запов Ю. И., Лашко В. А. Системы топливоподачи, охлаждения и смазки поршневых двигателей: учеб. пособие. Хабаровск: Изд. ТОГУ, 2009. 202 с.

14. Николаенко А. В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. М.: Колос, 1984. 336 с.

15. Колчин А. И., Демидов В. П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. М.: Высшая школа, 1971. 344 с.

16. Калимуллин Р. Ф., Горбачев С. В., Баловнев С. В. Расчет автомобильных двигателей. Методические указания к курсовому проектированию. Ч. 2. Расчеты основных деталей и систем двигателя. Конструирование двигателя. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. 95 с.

17. Тимченко І. І., Жадан П. В., Жилін С. С. Системи ДВЗ: навч. посібник. Харків: ХНАДУ, 2007. 204 с.

18. Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и комбинированных двигателей / Под общ. ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1985. 456 с.

19. Стефановский А. Б. Соотношения между основными размерами шестерён масляных насосов отечественных автотракторных двигателей. *Праці Таврійського державного аграрного університету. Технічні науки*. Мелітополь, 2020. Вип. 20, т. 4. С. 156-167. DOI: 10.31388/2078-0877-2020-20-4-156-167.

Стаття надійшла до редакції 8.04.2021 р.

**A. Stefanovsky, O. Boltyansky**  
**Dmitro Motorny Tavriya State Agritechnical University**

**REFINING PARAMETERS OF THE REGRESSION BETWEEN FUNCTIONS  
OF THE MAIN DIMENSIONS OF GEARS OF OIL PUMPS OF VEHICLE  
INTERNAL COMBUSTION ENGINES**

***Summary***

The development of technologies for the production of agricultural products and machinery in Ukraine is taking into account the impact of scientific and technological progress in the leading countries of the world, where industrial methods in agriculture are combined with highly efficient agricultural technologies. Their implementation leads to the renewal of the fleet and accelerates technical progress in agricultural engineering. Based on the analysis of published data on gear oil pumps of transport internal combustion engines, refined variants of the regression of the ratio of the gear width and



gear outer diameter of such a pump (with external gearing) against the difference of these dimensions, when the gear width is greater than the outer diameter, are proposed. In total, about 30 designs of oil pumps are investigated. The most representative of these regressions, describing the oil pumps of domestic automotive engines (both gasoline and diesel), has the form of a linear function and is characterized by an average relative error of about 0.015 in absolute value. Other variants of the regression, presented in the form of quadratic functions of the logarithm of the difference of the two gear dimensions, correspond to smaller sets of oil pumps for diesel engines for various purposes (with cylinder diameters from 21 to 40 cm) and are characterized by the error of about 0.01 and 0.022. Regressions of the difference of the two gear dimensions against both of them are analyzed. Plotted experimental points form triangular areas, borders of which are described by linear and quadratic functions. They allow rough prediction of limiting values of the difference when one of the gear dimensions is given. It can be seen that the difference of the two gear dimensions more often increases with increasing any of them. However, reverse trend is also seen when the gear outer diameter is greater than 100 mm.

**Key words:** engine, oil pump, gear, width, outer diameter, parameter, regression.

**А. Б. Стефановский, О. В. Болтянский**

**Таврический государственный агротехнологический университет  
имени Дмитрия Моторного**

**УТОЧНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕГРЕССИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ  
МЕЖДУ ФУНКЦИЯМИ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ ШЕСТЕРЁН  
МАСЛЯНЫХ НАСОСОВ ТРАНСПОРТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ  
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

**Аннотация**

На основе анализа опубликованных сведений о шестерённых масляных насосах транспортных двигателей внутреннего сгорания предложены уточнённые варианты регрессионной зависимости отношения ширины и наружного диаметра такого насоса (с внешним зацеплением) от разности этих размеров, когда ширина больше наружного диаметра. Всего исследованы около 30 конструкций масляных насосов. Наиболее представительная из этих зависимостей, описывающая масляные насосы отечественных автотракторных двигателей (как бензиновых, так и дизельных), имеет вид линейной функции и характеризуется средней по абсолютной величине относительной погрешностью около 0,015. Другие варианты зависимости, представленные в форме квадратичных функций логарифма разности указанных размеров, соответствуют меньшим совокупностям масляных насосов дизелей различного назначения (с диаметром цилиндров от 21 до 40 см) и характеризуются этой погрешностью около 0,01 и 0,022.

**Ключевые слова:** двигатель, масляный насос, шестерня, ширина, наружный диаметр, параметр, регрессионная зависимость.





УДК 351.83/84

М. І. Грицаєнко, к.е.н., доц.

ORCID: 0000-0003-2507-771X

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

e-mail: nick.grytsayenko@tsatu.edu.ua

## СОЦІАЛЬНИЙ КАПІТАЛ В СИСТЕМІ АГРАРНОГО РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

**Анотація.** Метою статті є обґрунтування теоретико-методологічних засад визначення ролі соціального капіталу в розвитку аграрного ресурсного потенціалу, а також чинників, що впливають на його формування. У процесі дослідження використано діалектичні методи пізнання, в тому числі монографічний (аналіз публікацій стосовно аграрного ресурсного потенціалу та соціального капіталу) та абстрактно-логічний (теоретичні узагальнення та формулювання висновків) методи. Розглянуто сутність, склад та сучасний стан аграрного ресурсного потенціалу України. Проаналізовані сутність соціального капіталу та його вплив на окремі елементи та аграрний ресурсний потенціал в цілому. Елементом наукової новизни є сформульована авторська позиція щодо сутності аграрного ресурсного потенціалу, його головних елементів, а також особливостей впливу на них соціального капіталу. Практичною значущістю дослідження є можливість використання одержаних результатів у визначенні шляхів формування та ефективного використання соціального капіталу.

**Ключові слова:** соціальний капітал, аграрний ресурсний потенціал, трудові ресурси, земельні ресурси, основні засоби, матеріальні витрати, капітальні інвестиції, енергетичні потужності, сільськогосподарська техніка

**Постановка проблеми.** Для виведення аграрної сфери на траєкторію економічного зростання необхідна реалізація комплексу заходів зі створення налагодженого, адекватного умовам ринкової економіки організаційно-економічного механізму управління аграрним ресурсним потенціалом, одним з елементів якого є формування та використання соціального капіталу.

**Аналіз останніх досліджень.** Питання аграрного ресурсного потенціалу висвітлюють зарубіжні науковці, в тому числі Н. Herlindah [1], L. Ratno [2], A. S. S. Jamrozi [2], а також вітчизняні дослідники Ю. С. Гринчук [3], О. В. Довгаль [4], О. В. Дудник [5], Т. В. Дядик [6], В.





А. Ковтун [7], І. О. Крюкова [8], Г. М. Підлісецький [9], В. І. Пілявський [10], Л. П. Погребняк [6], М. І. Толкач [9] та багато інших. Так, Н. Herlindah, розкриваючи не лише економічну, але й соціальну, і навіть релігійну цінності фермерських господарств, зосереджується на державному контролі над аграрними ресурсами [1]. А. S. S. Jamgozi і L. Ratno досліджують питання легітимності і державного контролю над землею як елементом ресурсного потенціалу [2]. Е. Koval у власному дослідженні визначає роль та перспективи розвитку біоекономіки в аграрному ресурсному потенціалі України для міжнародної економічної інтеграції [11].

Дослідженню ролі соціального капіталу в складних економічних системах приділяють увагу в публікаціях багато науковців, в тому числі зарубіжні: Т. Н. Aas [12], А. Alaassar [12], L. Alcorta [13], О. Bodi-Fernandez [14], М. Bolibar [15], D. Wang [16], С. Glatz [14], I. Daskalopoulou [17], М. de Vaan [16], С.-Н. Jin [18], Е. de Jong [13], А. Karakitsiou [17], J.-Y. Lee [18], А.-L. Mention [12], Н. J. Swedlund [13], J. Smits [13], G.-Q. Cui [18]; а також вітчизняні: І. В. Бурджанадзе [19], З. Галушка [20], Н. Г. Діденко [21], Л. Костюк [22], Л. А. Кургузенкова [19], І. Нафус [20], М. Плотнікова [22], О. Присяжнюк [22], Ю. Соловей [23], Т. Швець [22], І. Яців [23] та багато інших. Так, С. Glatz та О. Bodi-Fernandez розкривають вплив кількості соціального капіталу на суб'єктивне благополуччя населення Австрії як в цілому, так і окремо для сільських і міських районів [14]. L. Alcorta, J. Smits, Н. J. Swedlund та Е. de Jong досліджують місце соціального капіталу в досягненні соціальних трансформацій та економічного розвитку країн Африки [13]. G.-Q. Cui, С.-Н. Jin та J.-Y. Lee визначають вплив соціального капіталу на керування корпоративними ризиками [18]. А. Alaassar, А.-L. Mention та Т. Н. Aas на основі соціального капіталу аналізують вплив соціальної взаємодії на поведінку регуляторів та новаторів фінансового ринку [12]. М. Bolibar висвічує роль різних типів соціального капіталу в процесі інтеграції іммігрантів на ринку праці Каталонії на основі впливу соціальних мереж та людського капіталу на етно-стратифікацію ринку праці [15]. М. de Vaan та D. Wang розглядають соціальний капітал з точки зору нерівності в професійних соціальних мережах [16]. I. Daskalopoulou та А. Karakitsiou пропонують теоретичну основу для вивчення різних механізмів формування соціального капіталу, який регіони можуть використовувати для власного розвитку [17].

Незважаючи на численні дослідження, залишаються недопрацьованими питання визначення впливу соціального капіталу на формування та використання аграрного ресурсного потенціалу, що обумовлює актуальність обраної теми дослідження.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою статті є обґрунтування теоретико-методологічних засад визначення



ролі соціального капіталу в розвитку аграрного ресурсного потенціалу, а також чинників, що впливають на його формування.

*Основна частина.* Для визначення місця соціального капіталу в аграрному ресурсному потенціалі необхідно сформулювати сутність цих понять.

В табл. 1 наведені приклади трактування поняття «аграрний ресурсний потенціал» сучасними вітчизняними дослідниками.

Попри численність дефініцій, науковці в основному сходяться в думці, що аграрний ресурсний потенціал є сукупністю ресурсів, яка знаходиться в розпорядженні аграрного підприємства і використовується їм для виробництва сільськогосподарської продукції. В той же час О. В. Дуднік пропонує вважати аграрним ресурсним потенціалом «... не весь запас конкретного ресурсу, а ту його частину, яка залучена у виробництво з урахуванням економічної доцільності й досягнень науково-технічного прогресу» [5, с. 80]. В. І. Пілявський, навпаки, вважає, що «... виробничо-ресурсний потенціал агроформування – це можливості підприємства щодо використання наявних ресурсів, які не лише використовуються, але є у зовнішньому середовищі, а також тих, які можуть з'явитись у майбутньому для максимального задоволення потреб споживачів та отримання прибутку» [10, с. 107].

Т. В. Дядик і Л. П. Погребняк використовують поняття «виробничий потенціал», розглядаючи його як «... не фактично одержані результати виробництва сільськогосподарських підприємств регіону, а його потенціальні можливості в досягненні цих результатів» [6, с. 45].

На основі опрацювання літературних джерел нами було сформульовано авторське бачення сутності поняття «аграрний ресурсний потенціал» як здатності наявних ресурсів аграрного підприємства здійснювати виробничо-господарську діяльність та забезпечувати йому стратегічний розвиток.

До складу аграрного ресурсного потенціалу науковці відносять різні види ресурсів. Так, Ю. С. Гринчук вважає, що «провідними складовими аграрного потенціалу сільськогосподарських підприємств в Україні є земля, матеріально-технічні засоби, трудові, фінансові і різноманітні нематеріальні ресурси» [3, с. 248]. О. В. Дуднік пропонує до складу аграрного ресурсного потенціалу включати матеріальні, нематеріальні, трудові та фінансові ресурси [5, с. 80], В. А. Ковтун, відповідно, трудові, природні, матеріальні, фінансові та інформаційні [7, с. 63], Г. М. Підлісецький і М. І. Толкач – земельні, матеріальні, трудові, нематеріальні та фінансові ресурси [9, с. 65].



Таблиця 1

## Трактування сутності поняття «аграрний ресурсний потенціал»

Автор	Трактування
Гринчук Ю. С. [3, с. 248]	Провідними складовими аграрного потенціалу сільськогосподарських підприємств в Україні є земля, матеріально-технічні засоби, трудові, фінансові і різноманітні нематеріальні ресурси.
Довгаль О. В. [4, с. 20]	Ресурсний потенціал аграрних підприємств являє собою сукупність ресурсів, що залучені до процесів господарської взаємодії, об'єднаних управлінськими відносинами, формування яких забезпечує належний рівень конкурентоздатності підприємства і стратегічний розвиток.
Дудник О. В. [5, с. 80]	Ресурсний потенціал аграрних підприємств розглядають як сукупність усіх видів ресурсів, а саме матеріальних, нематеріальних, трудових, фінансових, включаючи здатність робітників підприємства ефективно використовувати названі ресурси для виконання місії діяльності підприємства, досягнення поточних та стратегічних цілей підприємства. Він включає не весь запас конкретного ресурсу, а ту його частину, яка залучена у виробництво з урахуванням економічної доцільності й досягнень науково-технічного прогресу.
Дядик Т. В., Погребняк Л. П. [6, с. 45]	Як економічна категорія виробничий потенціал відображає не фактично одержані результати виробництва сільськогосподарських підприємств регіону, а його потенціальні можливості в досягненні цих результатів.
Ковтун В. А. [7, с. 63]	Ресурсний потенціал підприємства – це складна економічна категорія, яка включає оцінку використання таких основних видів ресурсів як: трудові, природні, матеріальні, фінансові та інформаційні. Він є об'єктивною умовою здійснення виробництва і відображає витратну сторону виробничого процесу.
Крюкова І. О. [8, с. 38]	В якості сутності ресурсного потенціалу аграрної економіки вважаємо доцільним розглядати сукупність, кількісний набір та якісні параметри всіх видів ресурсів, які забезпечують ведення основного виду діяльності аграрних бізнес-суб'єктів.
Підлісецький Г. М., Толкач М. І. [9, с. 65]	Виробничо-ресурсний потенціал аграрного підприємства як суб'єкта господарювання агросфери розуміється як сукупність взаємопов'язаних ресурсів, які використовуються для виробництва сільськогосподарської та/або продовольчої продукції, а також спроможність працівників використовувати їх з метою отримання максимального прибутку. Він є багатокomпонентним, складноструктурованим та складноорганізованим. Як правило, величина цього потенціалу визначається обсягом окремих видів ресурсів (земельних, матеріальних, трудових, нематеріальних та фінансових), які перебувають у розпорядженні підприємства.
Пілявський В. І. [10, с. 107]	На наш погляд, виробничо-ресурсний потенціал агроформування – це можливості підприємства щодо використання наявних ресурсів, які не лише використовуються, але є у зовнішньому середовищі, а також тих, які можуть з'явитись у майбутньому для максимального задоволення потреб споживачів та отримання прибутку.

Джерело: складено автором на основі опрацювання літературних джерел



Вважаємо, що склад аграрного ресурсного потенціалу може змінюватися в залежності від об'єкту спостереження (підприємство, регіон, країна), цілей дослідження тощо. Для визначення стану аграрного ресурсного потенціалу України пропонуємо використовувати наступні елементи (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка основних елементів аграрного ресурсного потенціалу України

Роки	Валова додана вартість у факт. цінах, млн. грн.	Елементи аграрного ресурсного потенціалу					
		Площа сільськогосподарських угідь, тис. га	Кількість зайнятого населення в сільському, лісовому та рибному господарстві, тис. осіб	Основні засоби на початок року, млн. грн.	Матеріальні витрати, які увійшли до собівартості продукції, млн. грн.	Капітальні інвестиції, млн. грн.	Енергетичні потужності, тис. кВт
2010	82948	41576	3115,6	104584	52528,2	11568	36739
2011	109961	41558	3506,3	114444	70732,2	17039	36360
2012	113245	41536	3496	118992	84855,7	19411	41438
2013	132354	41526	3577,5	138660	88541,7	19059	43223
2014	161145	41512	3091,4	156013	108701	18796	39107
2015	236003	41508	2870,6	171392	153109	30155	31020
2016	279701	41505	2866,5	210169	183176	50484	32835
2017	303949	41489	2860,7	270467	221405	64243	31705
2018	361173	41329	2937,6	341622	247997	66104	31826,4
2019	358072	41311	3010,4	407146	228981	59130	30776
Середньо-річний темп приросту, %	17,65	-0,07	-0,38	16,30	17,77	19,87	-1,95

Джерело: складено за даними Державної служби статистики України

Самим консервативним елементом аграрного ресурсного потенціалу є земельні ресурси. За 2010-2019 рр. розмір сільськогосподарських угідь в Україні зменшився на 265,1 тис. га (в середньому на 0,07% в рік), кількість зайнятого населення в сільському, лісовому та рибному господарстві – відповідно на 105,2 тис. осіб (в середньому на 0,38% в рік), енергетичні потужності – відповідно на



5963 тис. кВт (в середньому на 1,95% в рік). В той же час вартість основних засобів зросла на 302562 млн. грн. (в середньому на 16,3% в рік), матеріальних витрат, які увійшли до собівартості продукції, відповідно на 176452,3 млн. грн. (в середньому на 17,77% в рік), капітальних інвестицій відповідно на 47562 млн. грн. (в середньому на 19,87% в рік). При цьому валова додана вартість у фактичних цінах зросла на 275124 млн. грн. (в середньому на 17,65% в рік).

Вважаємо, що для характеристики аграрного ресурсного потенціалу доцільно використати виробничу функцію Кобба-Дугласа, яка застосовується для розрахунків виробничих результатів у залежності від ряду змінних. Загальний вид цієї функції має наступний вигляд:

$$y = a \prod_i x_i^{\alpha_i}, \quad (1)$$

де  $x_i$  –  $i$ -й аргумент;

$\alpha_i$  – показник ступеня  $i$ -ого аргументу;

$a$  – коефіцієнт пропорційності;

$\Pi$  – знак добутку.

Виробнича функція для аграрного виробництва України, яка відображає залежність валової доданої вартості сільського, лісового та рибного господарства, млн. грн. ( $y$ ) від основних елементів аграрного ресурсного потенціалу за 2010-2019 рр., має наступний вигляд:

$$y = 8,571E - 35 \times x_1^{7,738} \times x_2^{0,151} \times x_3^{0,174} \times x_4^{0,990} \times x_5^{-1,164} \times x_6^{-0,473},$$

де  $x_1$  – площа сільськогосподарських угідь, тис. га;

$x_2$  – кількість зайнятого населення в сільському, лісовому та рибному господарстві, тис. осіб;

$x_3$  – основні засоби на початок року, млн. грн.;

$x_4$  – матеріальні витрати, які увійшли до собівартості продукції, млн. грн.;

$x_5$  – капітальні інвестиції, млн. грн.;

$x_6$  – енергетичні потужності, тис. кВт.

Графік фактичних та розрахункових значень (рис. 1) свідчить про адекватність побудованої моделі виробничої функції.

Значимість рівняння множинної регресії в цілому оцінюється за допомогою  $F$ -критерію Фішера за формулою:

$$F_{\text{рознр.}} = \frac{\sum(Y_i \text{ розр.} - U_{\text{серед.розр.}})^2}{m} \times \frac{n-m-1}{\sum(Y_i - U_i \text{ розр.})^2}, \quad (2)$$

де  $n$  – кількість спостережень;

$m$  – кількість факторів, включених в модель.

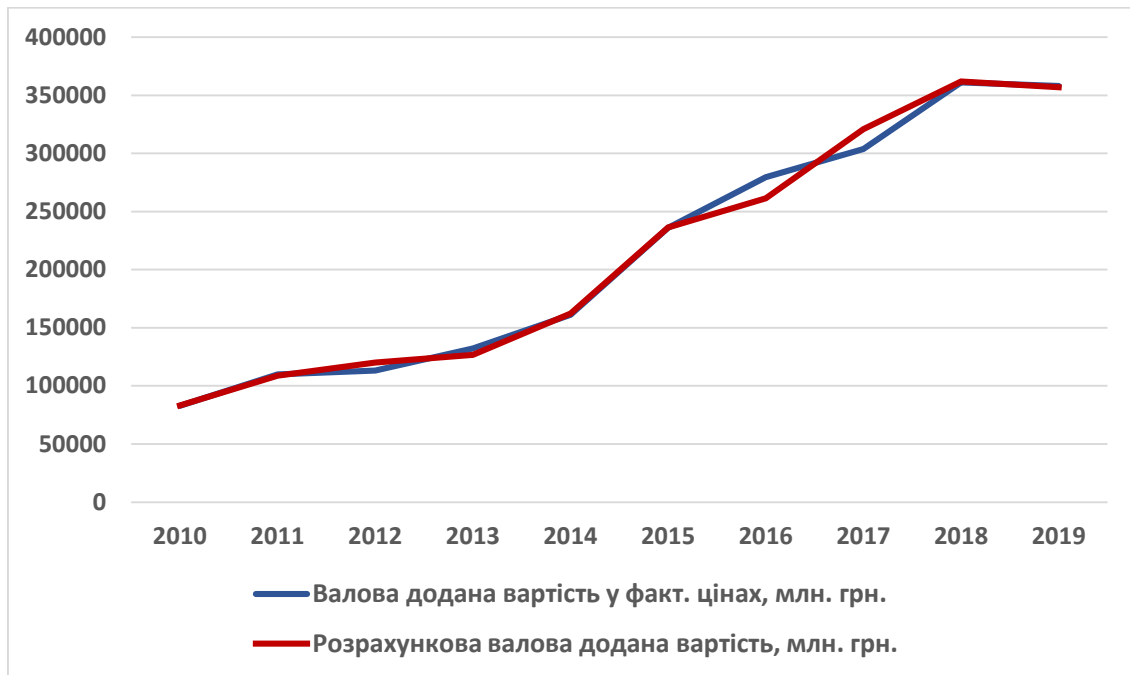


Рисунок 1. Графіки фактичних та розрахованих за побудованою виробничою функцією значень валової доданої вартості сільського, лісового та рибного господарства, млн. грн.

Джерело: складено автором на основі власних досліджень

Розрахований F-критерій Фішера дорівнює 73,23, що значно перевищує табличне значення ( $F_{\text{табл}} = 8,94$ ), що свідчить про те, що з вірогідністю 95% побудована виробнича функція відповідає вихідним даним, тобто її доцільно використовувати в подальших дослідженнях.

Показник ступеня і-ого аргументу відображають еластичність результативного показника в залежності від зміни факторних ознак. Тобто значення ступенів при показниках  $x_1 \dots x_6$  показують, наскільки процентів зміниться розмір валової доданої вартості сільського, лісового та рибного господарства при зміні відповідних елементів аграрного ресурсного потенціалу на 1%. Так, найбільший вплив на результативний показник має площа сільськогосподарських угідь – її зміна на 1% спричинить відповідну зміну валової доданої вартості на 7,738%. Відповідна зміна матеріальних витрат, які увійшли до собівартості продукції, супроводжуватиметься зміною результативного показника на 0,99%, основних засобів – відповідно на 0,174%, кількості зайнятого населення – відповідно на 0,151%.

В той же час збільшення розмірів капітальних інвестицій та енергетичних потужностей на 1% навпаки, сприятиме зменшенню результативного показника відповідно на 1,164% та 0,473%.

Одним з суттєвих факторів аграрного виробництва є сільськогосподарська техніка, динаміка окремих видів якої наведена в табл. 3.





Таблиця 3

Динаміка наявності окремих видів сільськогосподарської техніки в Україні

Види техніки	2015	2016	2017	2018	2019	Відхилення 2019 р. (+, -)	
						від 2015	від 2015
Трактори	309716	339829	347111	377306	310607	891	-66699
Комбайни	56328	52714	51611	42925	41110	-15218	-1815
Сівалки	159331	165961	193809	195922	189013	29682	-6909
Плуги	360496	333599	336646	351830	310249	-50247	-41581
Культиватори	198844	183722	189093	210156	192660	-6184	-17496
Борони	621375	570675	581578	524819	502567	-118808	-22252

Джерело: складено автором за даними Державної служби статистики України

За останні п'ять років кількість наявної сільськогосподарської техніки в Україні мала значні коливання за роками, але за основними видами загальна тенденція – скорочення. В 2019-му році порівняно з 2015-м роком кількість наявних тракторів збільшилась на 891 шт. (середньорічний темп приросту становив 0,1%) але порівняно з попереднім 2018-м роком навпаки, зменшилась на 66,7 тис. шт., сівалок порівняно з 2015-м роком побільшало на 29,7 тис. шт. (середньорічний темп приросту 4,4%). В той же час кількість комбайнів у 2019 р. порівняно з 2015-м роком скоротилася на 15,2 тис. шт. (середньорічний темп скорочення 7,6%), борін відповідно на 118,8 тис. шт. (середньорічний темп скорочення 5,2%), плугів – на 50,3 тис. шт. (середньорічний темп скорочення 3,7%), культиваторів – на 6,2 тис. шт. (середньорічний темп скорочення 0,8%).

В табл. 4 наведені дані про кількість нової сільськогосподарської техніки, яку придбали сільськогосподарські підприємства за період 2015-2019 роки.

Так, в 2019-му році порівняно з 2015-м роком скоротилась кількість придбаних плугів та сівалок відповідно на 193 та 279 шт. Але порівняно з попереднім 2018-м роком спостерігається значне скорочення купівель нової техніки: тракторів на 996 шт., плугів – на 559 шт., культиваторів – на 498 шт., борін – на 531 шт., сівалок – на 395 шт., зернозбиральних комбайнів – на 89 шт.

Скорочення купівель нової сільськогосподарської техніки супроводжувалось суттєвим збільшенням середніх цін (табл. 5).

В 2019-му році порівняно з 2015-м роком середні ціни на сівалки зросли в 2,3 рази, на плуги відповідно в 1,8 рази, на трактори, культиватори – в 1,7 рази, на комбайни зернозбиральні – в 1,5 рази, на борони – в 1,4 рази. В 2019-му році порівняно з попереднім 2018-м роком середні ціни на трактори збільшились на 7,5%, на сівалки – на



4,7%, на борони – на 1,8%, на культиватори – на 1,2%, на плуги – на 0,1%. В той же час середні ціни на зернозбиральні комбайни в 2019-му році порівняно з 2018-м роком навпаки, скоротилися на 4,5%.

Таблиця 4

Купівля аграрними підприємствами нової сільськогосподарської техніки, шт.

Показник	2015	2016	2017	2018	2019	Відхилення 2019 р. (+, -)	
						від 2015	від 2018
Трактори	2095	3777	3688	3105	2109	14	-996
Плуги	1117	1616	1786	1483	924	-193	-559
Культиватори	1300	2122	2374	1828	1330	30	-498
Борони	1510	2443	2740	2505	1974	464	-531
Сівалки	1602	2215	2322	1718	1323	-279	-395
Комбайни зернозбиральні	479	902	1026	576	487	8	-89

*Джерело: складено автором за даними Державної служби статистики України*

Так, в 2019-му році порівняно з 2015-м роком скоротилась кількість придбаних плугів та сівалок відповідно на 193 та 279 шт. Але порівняно з попереднім 2018-м роком спостерігається значне скорочення купівель нової техніки: тракторів на 996 шт., плугів – на 559 шт., культиваторів – на 498 шт., борін – на 531 шт., сівалок – на 395 шт., зернозбиральних комбайнів – на 89 шт.

Скорочення купівель нової сільськогосподарської техніки супроводжувалось суттєвим збільшенням середніх цін (табл. 5).

В 2019-му році порівняно з 2015-м роком середні ціни на сівалки зросли в 2,3 рази, на плуги відповідно в 1,8 рази, на трактори, культиватори – в 1,7 рази, на комбайни зернозбиральні – в 1,5 рази, на борони – в 1,4 рази. В 2019-му році порівняно з попереднім 2018-м роком середні ціни на трактори збільшилися на 7,5%, на сівалки – на 4,7%, на борони – на 1,8%, на культиватори – на 1,2%, на плуги – на 0,1%. В той же час середні ціни на зернозбиральні комбайни в 2019-му році порівняно з 2018-м роком навпаки, скоротилися на 4,5%.

Нами було зроблено припущення, що ріст цін є одним з факторів, що вплинув на скорочення кількості наявної та купленої нової сільськогосподарської техніки. Однак кореляційний аналіз в основному спростував цю думку. Так, коефіцієнт кореляції, який характеризує щільність зв'язку між кількістю купівель та середньою ціною нової техніки, у тракторів і культиваторів становив відповідно



0,19 та 0,04 (дуже слабкий зв'язок), у сівалок і комбайнів відповідно 0,37 та 0,26 (слабкий зв'язок), у плугів 0,51 (середній зв'язок), і лише у борін 0,84 – щільний зв'язок.

Таблиця 5

Середні ціни купівлі аграрними підприємствами нової сільськогосподарської техніки, тис. грн. за 1 шт.

Показник	2015	2016	2017	2018	2019	2019 р. до	
						2015, разів	2018, приріст (скорочення), %
Трактори	1254,1	1497,1	2013,2	2007,7	2158,4	1,7	7,5
Плуги	259,4	317	417,3	478,5	479,1	1,8	0,1
Культиватори	311	401,3	460,5	515,6	521,9	1,7	1,2
Борони	286,7	337,2	429,6	388,8	395,8	1,4	1,8
Сівалки	744,1	1035,6	1312,9	1621,9	1698,9	2,3	4,7
Комбайни зернозбиральні	3285,5	3972,8	4444,1	5074,1	4845,4	1,5	-4,5

Джерело: складено автором за даними Державної служби статистики України

Безумовно, на процеси формування матеріально-технічного забезпечення сільського господарства впливає багато інших факторів, які не були включені в статистичну модель. Вважаємо, що одним з таких факторів є соціальний капітал, який притаманний трудовим ресурсам, і завдяки якому трудові ресурси мають змогу ефективніше використовувати інші складові аграрного ресурсного потенціалу.

Літературний пошук свідчить про науковий інтерес до проблеми соціального капіталу, який проявляється в публікації робіт не тільки з економіки, але й з політології, соціології, психології тощо. Міждисциплінарний характер обумовлює відсутність єдиного підходу до трактування сутності поняття «соціальний капітал» (табл. 6).

Так, З. Галушка і І. Нафус І. [20, с. 73], Л. А. Кургузенкова і І. В. Бурджанадзе [19, с. 24], І. Яців й Ю. Соловей [23, с. 86] визначають соціальний капітал як деякий вид ресурсу. На наш погляд, таке тлумачення є не досить коректним. Ресурс являє собою джерело покриття потреб, в той же час капітал – це вартість, яка використовується для отримання доданої вартості.

Н. Г. Діденко [21, с. 17], Т. Швець, М. Плотнікова, О. Присяжнюк і Л. Костюк [22, с. 157] при визначенні сутності соціального капіталу акцентують увагу на зв'язках та взаємовідносинах між групами населення, але упускають його здатність як капіталу приносити дохід.



Таблиця 6

## Сучасні трактування сутності поняття «соціальний капітал»

Автор	Трактування
Галушка З., Нафус І. [20, с. 73]	Ми розглядаємо СК ( <i>соціальний капітал – прим. автора</i> ) як економічний нематеріальний ресурс, що формується як сукупність структурно оформлених соціальних відносин на нано-, мікро-, мета-, макро- та мега- рівнях функціонування економіки завдяки соціальним мережам, довірі, цінностям і нормам взаємної поведінки та забезпечує його власникам доступ до різноманітних благ й додаткові можливості підвищувати ефективність колективної діяльності та отримувати економічні вигоди.
Діденко Н. Г. [21, с. 17]	Як якісна характеристика українського суспільства соціальний капітал свідчить про рівень зв'язків та відносин між групами, об'єднаннями та спільнотами населення, що базуються на спільних нормах та цінностях, взаємній довірі, розгалужених соціальних мережах та зрілих громадянським традиціях.
Кургузенкова Л. А., Бурджанадзе І. В. [19, с. 24]	... нами він ( <i>соціальний капітал – прим. автора</i> ) розглядатиметься як ресурс, заснований на основі формально і неформально інституціолізованих соціально-економічних відносин, що сприяє реалізації потреб економічних агентів – суб'єктів економічних відносин, які беруть участь у виробництві, розподілі, обміні та у споживанні економічних благ
Швець Т., Плотнікова М., Присяжнюк О., Костюк Л. [22, с. 157]	Соціальний капітал пропонуємо розглядати як систему взаємозв'язків і взаємовідносин між членами громади, які формуються стихійно, хаотично й динамічно в нелінійних системах, основані на довірі й активній громадянській позиції, визначені ментальністю, нормами та правилами поведінки громади й забезпечують добробут і сталий її розвиток.
Яців І., Соловей Ю. [23, с. 86]	Соціальний капітал є особливим ресурсом, який відображає інтенсивність, порядок і форми втілення взаємовідносин між індивідами.

Джерело: складено автором на основі опрацювання літературних джерел

Вважаємо, що соціальний капітал необхідно розглядати як «...сукупність здатних забезпечувати дохід зв'язків та соціально-економічних відносин, які виникають у певній соціальній мережі на основі існуючих норм та довіри» [24, с. 61].

Соціальний капітал є невід'ємною частиною цивілізованого суспільства, яка формується під впливом різноманітних чинників і закріплюється неформальними нормами. Він створюється на різних рівнях національної економіки, об'єднуючі як формальні, так і неформальні стосунки, що сприяє обміну інформацією, досвідом, надає доступ до ресурсів інших учасників або можливість більш ефективного використання власних ресурсів з їхньою допомогою. Саме це забезпечує зниження трансакційних витрат і підвищення ефективності функціонування ринкової економіки в цілому.

На рис. 2 наведений зв'язок соціального капіталу з головними елементами аграрного ресурсного потенціалу.

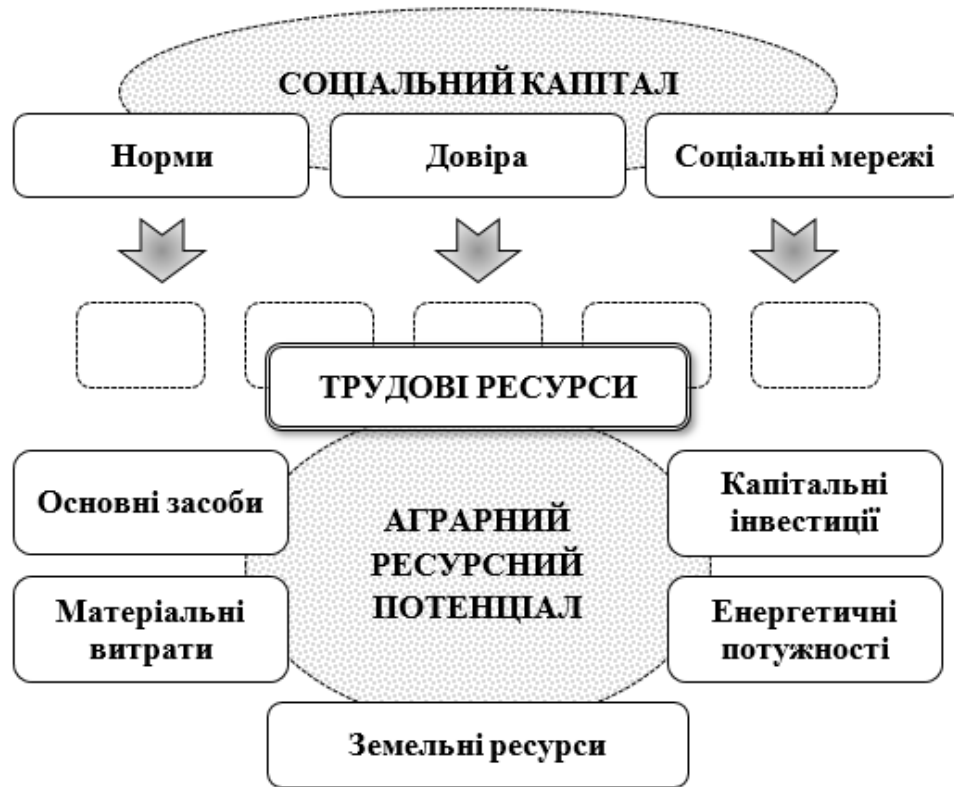


Рисунок 2. Зв'язок соціального капіталу та аграрного ресурсного потенціалу

*Джерело: складено автором на основі власних досліджень*

Соціальний капітал проявляється у формуванні земельних відносин, у тому числі орендних, зі зростаючими екологічними вимогами при експлуатації ресурсів.

Він забезпечує єдність між аграрним ресурсним потенціалом і управлінськими можливостями сільгосптоваровиробників, що покращує їхню конкурентоспроможність та інвестиційну привабливість. Чинником формування та використання трудових ресурсів є механізми мотивації та стимулювання. Вважаємо, що головним елементом стимулювання є оплата праці, а мотивації – саме соціальний капітал.

В сучасних умовах аграрний сектор економіки потребує прискореного оновлення основних засобів, в тому числі енергетичних потужностей, більша частина яких припадає на мобільні енергетичні засоби – трактори, автомобілі, самохідні комбайни. Цьому сприятимуть розвиток агролізингу, розширення мережі сільськогосподарських обслуговуючих кооперативів спільного використання



сільськогосподарської техніки, що неможливо без довіри – одного з головних елементів соціального капіталу.

Соціальний капітал завдяки довірі, нормам, взаємозв'язкам між людьми сприятиме більш ефективному використанню матеріальних ресурсів через скорочення проявів недбалості, крадіжок, порушень технологічної дисципліни тощо.

Тобто, беззаперечним є факт суттєвого впливу соціального капіталу як на окремі елементи, так і на аграрний ресурсний потенціал в цілому. В той же час справедливо відмітити, що від стану аграрного ресурсного потенціалу також залежить і безпосередньо соціальний капітал: він виникає завдяки економічним інтересам окремих груп людей стосовно спільного використання обмежених ресурсів.

Вважаємо, що першочерговими завданнями для формування та ефективного використання соціального капіталу є:

- розбудова інститутів громадянського суспільства на основі гарантування прав і свобод;
- прискорення процесів децентралізації з забезпеченням фінансової підтримки громадських ініціатив, проєктів і заходів;
- розвиток людського капіталу з одночасним поширенням правових, економічних і політичних знань;
- активізація соціального інвестування на основі формування політики гуманізації суспільства, поширення національних і загальнолюдських цінностей;
- зростання соціальної відповідальності компаній з посиленням залученості персоналу в рішення корпоративних проблем;
- розвиток саморегулювання підприємницької діяльності з ефективним співробітництвом державних і громадянських інститутів в управлінській діяльності на всіх рівнях.

*Висновки.* В результаті аналізу теоретико-методологічних засад аграрного ресурсного потенціалу сформульоване авторське бачення його сутності як здатності наявних ресурсів аграрного підприємства здійснювати виробничо-господарську діяльність та забезпечувати йому стратегічний розвиток. В якості основних елементів аграрного ресурсного потенціалу запропоновано визначати трудові і земельні ресурси, основні засоби, матеріальні витрати, капітальні інвестиції, а також енергетичні потужності. Для характеристики аграрного ресурсного потенціалу побудована виробнича функція залежності валової доданої вартості сільського, лісового та рибного господарства від його основних елементів, яку доцільно використовувати при визначенні пріоритетних напрямів їхнього розвитку. На основі аналізу динаміки наявності та купівлі нової сільськогосподарської техніки зроблені висновки про багатогранність чинників розвитку аграрної сфери, одним з яких є соціальний капітал.





На підставі теоретичного осмислення сутності соціального капіталу визначений його вплив на окремі елементи та аграрний ресурсний потенціал в цілому. Визначені першочергові завдання для активізації формування та ефективного використання соціального капіталу. Перспективами подальшого дослідження є вивчення аспектів формування та використання соціального капіталу як важливого чинника розбудови аграрного підприємництва.

Список використаних джерел

1. Herlindah H. Government Role in Agricultural Management as Agrarian Resource. *Hang Tuah Law Journal*. 2017. Vol. 1, № 1. P. 19-37. DOI: 10.30649/htlj.v1i1.7.

2. Jamrozi A. S. S., Ratno L. The Logic of State Authority on the Control of Agrarian Resource (Socio-Anthropological and Islamic Perspective). *American Journal of Social Sciences and Humanities*. 2019. Vol. 4. № 4. P. 516-527. DOI: 10.2139/ssrn.3481739.

3. Гринчук Ю. С. Формування організаційно-економічного механізму відтворення виробничо-ресурсного потенціалу аграрних підприємств. *Економічний аналіз*. 2015. Т. 21, № 2. С. 245-250.

4. Довгаль О. В. Механізм ефективного управління ресурсним потенціалом аграрних підприємств. *Агросвіт*. 2016. № 5. С. 20-22.

5. Дудник О. В. Інвестиційні стратегії підвищення ефективності використання ресурсного потенціалу аграрних підприємств. *Економіка АПК*. 2016. № 5. С. 79-86.

6. Дядик Т. В., Погребняк Л. П. Земельні ресурси – основа виробничого потенціалу аграрних формувань Полтавщини. *Агросвіт*. 2018. № 3. С. 41-45.

7. Ковтун В. А. Інноваційний та фінансовий ресурсний потенціал аграрних підприємств. *Фінансовий простір*. 2019. № 2 (34). С. 62-73.

8. Крюкова І. О. Ресурсний потенціал аграрної економіки України та результативність його використання. *Актуальні проблеми інноваційної економіки*. 2019. № 2. С. 37-42.

9. Підлісецький Г. М., Толкач М. І. Підвищення ефективності використання ресурсного потенціалу аграрного сектору. *Економіка АПК*. 2008. № 5. С. 65-66.

10. Пілявський В. І. Управління ефективним використанням потенціалу виробничих ресурсів в аграрній сфері економіки. *Бізнес-Навігатор*. 2016. № 2(39). С. 106-112.

11. Koval E. Bioeconomy in the Agrarian Resources Potential System of Ukraine. *Chinese Business Review*. 2018, Vol. 17. № 6. P. 310-315. DOI: 10.17265/1537-1506/2018.06.005.

12. Alaassar A., Mention A.-L., Aas T. H. Exploring how social interactions influence regulators and innovators: The case of regulatory



sandboxes. *Technological Forecasting and Social Change*. 2020. Vol. 160. 120257. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120257.

13. Alcorta L., Smits J., Swedlund H. J., de Jong E. The ‘Dark Side’ of Social Capital: A Cross-National Examination of the Relationship Between Social Capital and Violence in Africa. *Social Indicators Research*. 2020. Vol. 149, № 2, P. 445–465. DOI: 10.1007/s11205-019-02264-z.

14. Glatz C., Bodi-Fernandez O. Individual social capital and subjective well-being in urban- and rural Austrian areas. *Osterreichische Zeitschrift fur Soziologie*. 2020. Vol. 45, № 2, P. 139-163. DOI: 10.1007/s11614-020-00399-9.

15. Bolívar M. Social capital, human capital and ethnic occupational niches: an analysis of ethnic and gender inequalities in the Spanish labour market. *Palgrave Commun.* 2020. Vol. 6, № 22. DOI: 10.1057/s41599-020-0397-4.

16. De Vaan M., Wang D. Micro-structural foundations of network inequality: Evidence from a field experiment in professional networking. *Social Networks*. 2020. Vol. 63. P. 213-230. DOI: 10.1016/j.socnet.2020.07.002.

17. Daskalopoulou I., Karakitsiou A. Regional social capital and economic growth: Exploratory evidence from testing the virtuous spiral vs. vicious cycle model for Greece. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, № 15. 6037. DOI: 10.3390/su12156037.

18. Cui G.-Q., Jin C.-H., Lee J.-Y. How risk managers' psychological and social capital promotes the development of risk-management capabilities. *Sustainability (Switzerland)*. 2020. Vol. 12, № 11. 4666. DOI: 10.3390/su12114666.

19. Кургузенкова Л. А., Бурджанадзе І. В. Наноекономічний підхід до дослідження соціального капіталу підприємства. *Економіка і управління*. 2019. № 1. С. 21-26.

20. Галушка З., Нафус І. Соціальний капітал як економічний ресурс: сутність та методологічні підходи до його оцінки. *Економічна теорія*. 2019. № 1. С. 71-86.

21. Діденко Н. Г. Соціальний капітал та управління. *Економіка та держава*. 2020. № 2(14), Т. 2. С. 14-17.

22. Швець Т., Плотнікова М., Присяжнюк О., Костюк Л. Адміністративно-інноваційні підходи формування соціального та підприємницького капіталу в умовах децентралізації. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2019. Vol. 5, № 3. P. 152–170. URL: <http://are-journal.com>. (дата звернення 15.01.2021).

23. Яців І., Соловей Ю. Роль соціального капіталу у розвитку інтегрованих структур за участю малих сільськогосподарських виробників. *Аграрна економіка*. 2018, Т. 11, № 1-2. С. 80-87.



24. Грицаєнко М. І. Сутність соціального капіталу та його особливості в аграрній сфері. *Економіка АПК*. 2018. № 1. С. 60-65.

Стаття надійшла до редакції 20.01.2021р.

**M.I. Hrytsaienko**  
**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **SOCIAL CAPITAL IN THE SYSTEM OF AGRICULTURAL RESOURCE POTENTIAL**

### *Summary*

The purpose of the article is to substantiate the theoretical and methodological principles of determining the role of social capital in the development of agricultural resource potential, as well as the factors influencing its formation.

The research used dialectical methods of cognition, including monographic (analysis of publications on agricultural resource potential and social capital) and abstract-logical (theoretical generalizations and formulation of conclusions) methods.

The essence, composition and current state of agrarian resource potential of Ukraine are considered. The author's vision of the essence of the concept of "agricultural resource potential" as the ability of the available resources of the agrar enterprise to carry out production and economic activities and ensure its strategic development is formulated. The main elements of agricultural resource potential are labor and land resources, fixed assets, material costs, capital investments, as well as energy capacity. To characterize the agricultural resource potential, the production function of the dependence of the gross value added of agriculture, forestry and fisheries on its main elements is constructed. The availability and purchase of new agricultural machinery as a factor in the development of the agricultural sector are analyzed. The essence of social capital and its influence on separate elements and agrarian resource potential as a whole are analyzed. Priorities for intensifying the formation and effective use of social capital have been identified.

An element of scientific novelty is the formulated author's position on the essence of agricultural resource potential, its main elements, as well as the peculiarities of the impact of social capital on them. The practical significance of the study is the possibility of using the results in determining ways to form and effectively use social capital.

**Key words:** social capital, agricultural resource potential, labor resources, land resources, fixed assets, material costs, capital investments, energy capacity, agricultural machinery.

**Н.И. Грицаенко**  
**Таврический государственный агротехнологический университет**  
**имени Дмитрия Моторного**

## **СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В СИСТЕМЕ АГРАРНОГО РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА**

### *Аннотация*

Целью статьи является обоснование теоретико-методологических основ определения роли социального капитала в развитии аграрного ресурсного потенциала, а также факторов, влияющих на его формирование. В процессе



исследования использованы диалектические методы познания, в том числе монографический (анализ публикаций об аграрном ресурсном потенциале и социальном капитале) и абстрактно-логический (теоретические обобщения и формулирование выводов) методы. Рассмотрены сущность, состав и современное состояние аграрного ресурсного потенциала Украины. Проанализированы сущность социального капитала и его влияние на отдельные элементы и аграрный ресурсный потенциал в целом. Элементом научной новизны является сформулированная авторская позиция относительно сущности аграрного ресурсного потенциала, его основных частей, а также особенностей влияния на них социального капитала. Практической значимостью исследования является возможность использования полученных результатов в определении путей формирования и использования социального капитала.

**Ключевые слова:** социальный капитал, аграрный ресурсный потенциал, трудовые ресурсы, земельные ресурсы, основные средства, материальные затраты, капитальные инвестиции, энергетические мощности, сельскохозяйственная техника.



УДК 631.333.92:636.5

С. М. Григоренко, ас.

ORCID: 0000-0003-3818-2404

Р. В. Скляр, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-1547-5100

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

e-mail: sergiy.grigorenko@tsatu.edu.ua, тел: 067-768-31-72

## АДАПТИВНІ МЕТОДИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ПТАХІВНИЦТВА

**Анотація.** Завдання розвитку агропромислового комплексу, в тому числі птахівництва, залишається питанням продовольчої безпеки країни. Утилізація курячого посліду відноситься до найбільш складних проблем, які гальмують бізнес. Масштаби розвитку галузі загострили її. Найбільші птахівничі господарства змушені займатися екологічними питаннями, тому що гігантські обсяги курячого посліду стають загрозою для навколишнього середовища. Токсичні відходи необхідно десь складувати. І будь-яке їхнє розміщення без знешкодження завдає удар по екології.

Існує багато технологій утилізації біоматеріалу - відходів птахівництва і тваринництва. В основному, використовується кілька видів: пасивне та інтенсивне компостування, в тому числі анаеробне зброджування, а також біоенергетичні методи.

**Ключові слова:** сушіння, послід, сублімація, сушарки, відходи птахівництва, конвекція.

**Постановка проблеми.** Технічне переозброєння сільського господарства, підвищення ролі науки у виробництві, створюють міцну базу для зростання ефективності промислового птахівництва при його всіякої інтенсифікації. Для створення нормальних санітарних і ветеринарних умов на птахівницьких підприємствах, а також, з метою збереження в курячому посліді основних поживних речовин, розроблені різні методи переробки. До найбільш відомих, і часто використовуваних можна віднести біотермічні, біологічні, хімічні методи, компостування, гідравлічну обробку. В останні роки розроблені нові методи переробки курячого посліду: сушка енергією НВЧ, механічне і термічне зневоднення. Сучасний підхід до вирішення будь-яких технологічних завдань у виробництві ґрунтується на принципах системного аналізу. Згідно з цими принципами переробку посліду слід розглядати як складну виробничу систему, що складається



з елементів різних рівнів деталізації, починаючи від фізико-механічних властивостей вихідного матеріалу, кінцевого продукту і закінчуючи окремими технологічними процесам. Процес сушіння посліду являє собою перенесення тепла і вологи в системі послід - вода - пар в результаті підведення до посліду теплоти. Рушійною силою сушки є різниця потенціалів, які визначаються через градієнти параметрів матеріальних потоків, що беруть участь в цьому процесі. Теплові процеси при переробці посліду об'єднані теплообмінними і масообмінними процесами. Вони протікають одночасно при попередньому нагріванні і сушінні посліду. Описуються ці процеси законами теплопередачі - знаннями про способи поширення теплоти і законами молекулярної дифузії. Швидкість їхнього протікання значно залежить від гідродинамічних умов, при яких здійснюється перенесення теплоти від агенту сушіння до висушеного посліду. Тому процес сушіння в значній мірі залежить від типу і конструкції сушарки. Найбільш поширеними є конвективний і кондуктивний (контактний) способи сушіння. Дуже мало застосовується сушка діелектрична - струмами високої частоти, сублимаційна - виморожуванням в вакуумі, радіаційна - інфрачервоним випромінюванням. Конвективну сушку здійснюють в потоці нагрітого сушильного агенту, що виконує одночасно функції тепло- і вологоносія, що забезпечує створення необхідної гідродинамічної обстановки в сушарці. Контактна сушка, на відміну від конвективної, відбувається за рахунок передачі тепла продукту, що висушується, через нагріту поверхню. Основною перевагою цього способу є значна інтенсивність, обумовлена високим коефіцієнтом теплопередачі між гарячою поверхнею і матеріалом, завдяки чому він швидко зневоднюється. При контактному сушінні значно менше потрібно витрат енергії, а сушильна установка порівняно проста за конструкцією і в обслуговуванні. Конвективну сушку здійснюють в потоці нагрітого сушильного агенту, що виконує одночасно функції тепло- і вологоносія, що забезпечує створення необхідної гідродинамічної обстановки в сушарці.

*Аналіз останніх досліджень.* Через розмаїття елементів сушарок і різноманіття способів підведення тепла і циркуляції повітря в сушильній камері немає єдиної класифікації сушарок. Р. Р. Слобідський намагався дати загальну класифікацію сушильних установок [3], використовуючи методику класифікації різних видів палива. Ця класифікація найбільш повно охоплювала різноманітні конструкції сушильних установок, проте вона виявилася настільки складною, що практичного застосування не отримала. Тому багато авторів - М. Ю. Лур'є, Г. К. Філоненко, П. Д. Лебедев, А. С. Гінзбург, А. Г. Касаткін - відмовилися від загальної класифікації сушильних установок і розглядають окремі групи сушарок відповідно до основних





ознак, що характеризують кожен групу [2-7]. П. Г. Романковим запропонована класифікація способів сушіння за гідродинамічним режимом і класифікація апаратів фонтануючого і киплячого шарів. Більш загальну класифікацію способів сушіння, яка застосовується в олійно-жировій промисловості, дав В.В. Белобородов, А.П. Рисін дає повну класифікацію вібраційних сушарок у напрямку траєкторії коливань, за конструкцією апарату, за конструкцією вібробудувачів, за способом енергопідводу, за призначенням установок [8,9]. Пропоновані класифікації виходять неповними і досить громіздкими. Класифікація сушарок сільськогосподарського призначення дається в роботах Н. В. Цуглінок, С. К. Манасяна, Н. Д. Демського [10-12].

Відома класифікація, яка дана В. М. Соловйовим [13] і А. В. Фесенко. Автори намагаються об'єднати класифікацію принципів і методів зневоднення з методами теплової сушки і класифікацією сушильних установок. В їх класифікації охоплюються тільки ті способи, які знайшли широке поширення в сільському господарстві. Класифікація сушарок дається практично лише для конвективного сушіння.

*Формулювання мети статті.* Аналіз адаптивних методів утилізації відходів птахівництва які використовуються в сільському господарстві.

*Основна частина.* Пропонується нова класифікація сушильних установок, використовуваних і рекомендованих до використання в сільськогосподарському виробництві (рис. 1). При цьому враховуємо особливість сучасного сільськогосподарського виробництва, а саме: створення спільного виробництва рослинницької або тваринницької продукції та її переробки. Пропонована класифікація сушильних установок ґрунтується на стані шару матеріалу і способу підведення енергії [1].

За способом передачі тепла матеріалу, що висушується, використовуються наступні методи сушки: конвективний, кондуктивний, сушку під впливом енергетичних полів, комбінований і рециркуляційний. Найбільше застосування в сільському господарстві, харчовій та хімічній промисловості отримав конвективний спосіб теплопередачі [2, 13].

**Радіаційний метод.** Радіаційний метод заснований на тому, що тепло надається насінню по-засобом теплових променів, тобто в результаті радіації. Розрізняють природну (сонячну) сушку і штучну сушку інфрачервоними променями.

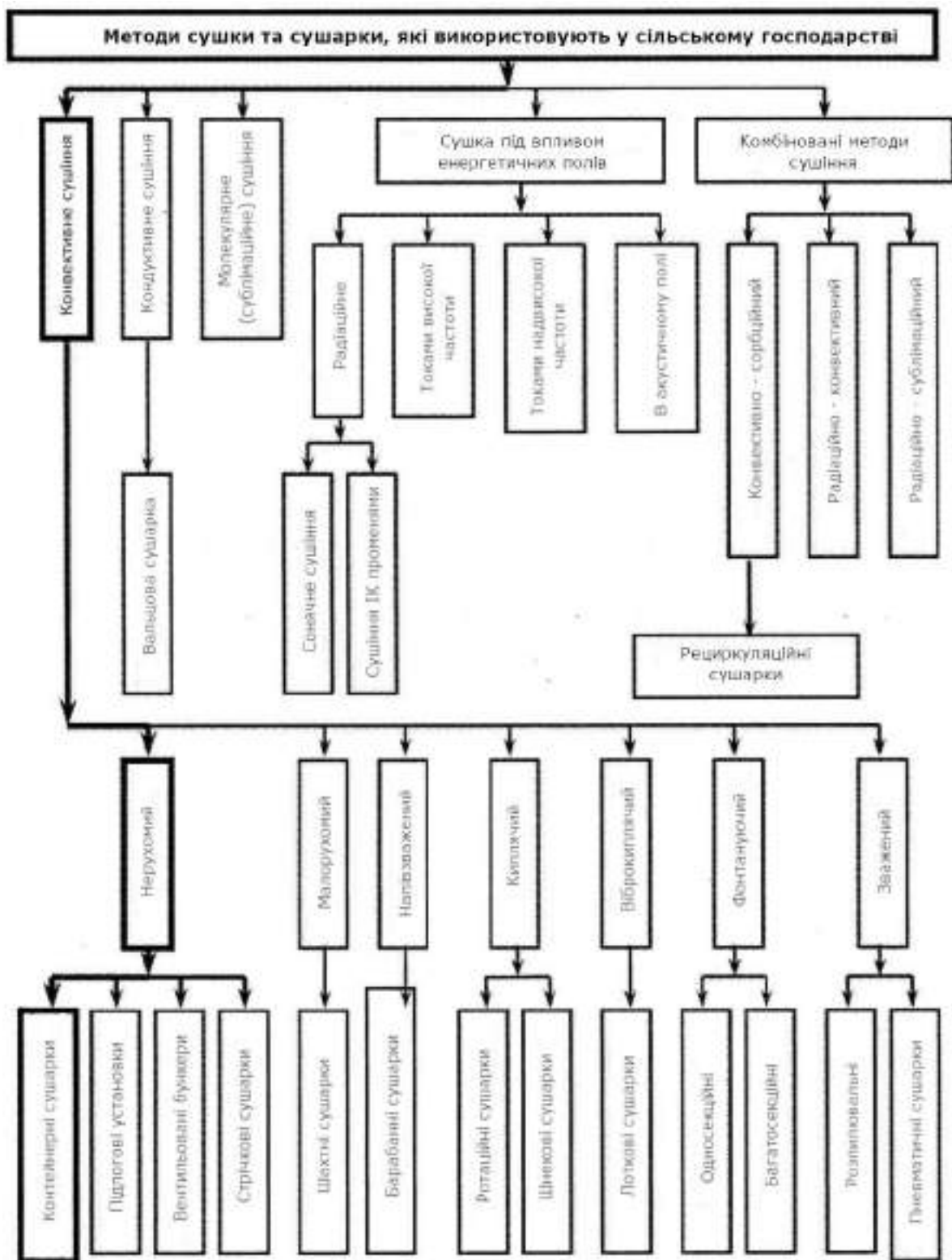


Рисунок 1. Класифікація методів сушки

Терморадіаційним способом слід вважати сонячну сушку із використанням штучно збільшеною щільністю сонячної сумарної радіації за рахунок її концентрації. Концентрація досягається за



допомогою лінійних геліоцентрів [14]. Перспективне використання геліоенергетичних систем у сільському господарстві для сушіння сіна, зернових і олійних культур [15, 16].

При сушінні інфрачервоними променями до матеріалу підводиться тепловий потік в 30-70 разів могутніше, ніж при конвективному сушінні [5]. Поверхня інфрачервоного випромінювання площею  $1\text{ м}^2$  при температурі  $700-900\text{ }^\circ\text{ С}$  може передати енергію потужністю 40-45 кВт [17].

При штучній радіаційній передачі тепла насінню інфрачервоними променями поверхневий шар глибиною в 1-2 насіння нагрівається до температури  $50\text{ }^\circ\text{ С}$  протягом 1-2 хвилин. Слабка проникність шару посліду інфрачервоними променями призводить до нерівномірності нагріву і сушіння посліду в шарі. Високі витрати енергії: 1,5-2,5 кВт-год на 1 кг вологи, що випаровується, - обмежують застосування цього виду сушки [7].

**Сушіння насіння в полі струмів високої частоти або надвисокої частоти.** При сушінні струмами високої частоти випаровування відбувається у всьому обсязі тіла, і всередині частинок виникає градієнт загального тиску, який інтенсифікує перенесення вологи [5]. При сушінні надвисокої частоти найбільше застосування має частота 2450 МГц, при якій ККД 55-60% (максимальний 70%) забезпечує більш рівномірний розподіл енергії в обсязі нагрівальної системи; потужність магнетотронів 2,5-100 кВт.

Переваги сушки струмами високої частоти в порівнянні з конвективною і контактною складаються в можливості регулювання і підтримки певної температури всередині матеріалу і інтенсифікації процесу. Однак, (великі витрати електроенергії (від 2,5 до 5 кВт-год на 1 кг вологи), складне устаткування і обслуговування, підвищені вимоги до техніки безпеки обмежують застосування струмів високої частоти для сушки. Сушка ТВЧ і ТСВЧ дорожче конвективного в 3-4 рази. Тому сушка в полі струмів високої частоти отримала застосування тільки для товстих матеріалів, що важко сохнуть [18]. Проте в окремих випадках використовується застосування струмів високої частоти.

**Сушка в акустичному полі.** Сушка в акустичному (ультразвуковому) полі відноситься до комбінованих методів зневоднення: волога з матеріалу може віддалятися як у вигляді рідини, так і у вигляді пари. Частота вібраційних впливів на газове середовище при акустичному сушінні вимірюється кілогерц і досягає 250 кГц, хоча ряд дослідників віддають перевагу частотам 0,5-9,0 кГц [3]. Попередні дослідження по акустичному сушінні, проведені І. І. Поповим і А. П. Макаровим [9] (сушка солоду), В. В. Ченіковим і Д. П. Сухарём (сушка тютюну), свідчать про перспективність цього нового методу сушки. Попередні дослідження показали, що інтенсифікація процесу



сушіння може бути досягнута за рахунок впливу неоднорідного магнітного поля. Можлива поява нової області техніки сушіння - сушка в магнітному полі.

**Класифікація за гідродинамічним режимом і станом шару.** Конвективний метод сушіння можна класифікувати за гідродинамічним режимом і станом шару матеріалу, в такий спосіб: нерухомий вільний шар; нерухомий затиснутий шар; малорухливий тонкий шар; напівзважений шар, який переміщується; киплячий шар; аерофонтанний шар; вібропсевдоожижений шар; з висхідним гетерогенним потоком; сушка рідких матеріалів в розпорошеному стані.

Класифікація гідродинамічних режимів і сушарок в залежності від швидкості потоку газу, від діаметра частинок, при різній порозності шару (порозність – це відношення об'єму вільного простору між частками до об'єму шара) може бути представлена наступним чином [8]:

- при порозності 0,4-0,5 працюють сушарки в нерухомому вільно насипаному шарі. При цьому способі сушіння швидкість матеріалу дорівнює нулю, а швидкість агенту сушіння менше критичної швидкості частинок матеріалу.

- в інтервалі порозності 0,55-0,75 працюють сушарки киплячого шару. Ця область охоплює частинки діаметром від 30-40 мкм до 6-7 мм;

- при порозності 0,75-0,9 працюють аерофонтанні сушарки. У сушарках цього типу вдається обробляти матеріали, що містять частинки діаметром від декількох мікронів до декількох міліметрів;

- при порозності, близькою до одиниці, але при швидкостях, які декілька перевищують швидкість витання часток, працюють трубо-сушарки.

Сушку в товстому нерухомому шарі широко використовують в сільському господарстві в стаціонарних, напільно-переносних установках, вентильованих бункерах, силосах елеваторів. Цей метод сушіння використовується при сушінні сіна [20]. Значно рідше використовуються жалюзійні, лоткові і стелажні сушарки в хімічній і харчовій промисловості.

У таких установках сушка матеріалу проводиться періодично при атмосферному тиску повітря. Для прискореного сушіння в насипу застосовують температуру теплоносія 35-45 ° С і питому подачу 1300-1500 м<sup>3</sup>/(ч-т). При висоті насипу 0,7 м, питомої подачі агенту 1500 м<sup>3</sup>/(ч-т) і його температурі 40-45 ° С тривалість процесу складе від 8 до 22 годин. Залежно від фактичної питомої подачі повітря (100-1200 м<sup>3</sup>/(ч-т) і його температури 35-45 ° С середня швидкість зниження вологості становить від 0,032 до 0,57% / год, витрати теплоти 8-20 МДж



/ кг випареної вологи. Мінімальна питома подача агенту при сушінні вологістю від 9 до 20% становить від 160 до 500 м<sup>3</sup> / (ч-т).

Недоліком сушки в щільному малорухливому шарі є малий з'їм вологи (4-5% за пропуск). Він непридатний також для сушіння купи вологістю більше 20% з вмістом засмічених домішок більше 5%, який через погану сипучість зависає в шахті сушарки. У нерухомому або малорухомому шарі сушіння відбувається повільно і нерівномірно. Відносно невелика швидкість сушіння, при такому стані, може бути пояснена зменшенням поверхні контакту фаз на величину поверхні зіткнення між насінням і малою швидкістю руху сушильного агенту, яка обмежена опором шару. Нерівномірність сушіння - наслідок або неоднакового навантаження різних перетинів шару по сушильному агенту, або, як вказувалося, нерівномірності пересування матеріалу в сушарці.

Високовологий матеріал в цих агрегатах піддається дво-, а іноді триразовому сушінні, при цьому порушується поточність обробки, що значно ускладнює роботу з послідом, яке знову надійшло.

Широке поширення в сільськогосподарському виробництві отримали барабанні сушарки [21]. Нерівномірність сушіння матеріалу в напівзв'язаному стані, який переміщується, в барабанних сушарках пояснюється нерівномірністю його переміщення в цих сушарках. Час перебування посліду в сушильному барабані становить 15-20 хв, що дозволяє знизити вологість його за один пропуск на 3-5%. Тому через барабанну сушарку вологий послід треба пропускати 2-3 рази [13].

**Використання вібропсевдоожигеного шару.** Виникаючі при вібрації сили інерції, на відміну від гідродинамічних сил середовища, пропорційні не поверхні, а масі частинок [8, 22]. Оскільки при вібропсевдоожигені коливальний рух частинок переважає над поступальним, частинки інтенсивно переміщуються один щодо одного і порозність трохи нижче, ніж в разі киплячого шару. Поздовжнє переміщення частинок можна здійснити в режимі повного витіснення, що дозволяє отримати рівномірно висушений продукт. Так як при вібропсевдоожигені газом киплячий шар утворюється при швидкості потоку газу менше критичної, він менше залежить від параметрів середовища. Такий шар відрізняється рівномірною структурою і відсутністю газових бульбашок. Теплота до матеріалу може бути підведена через розташовані в шарі нагрівачі.

З метою зниження витрат енергії на сушку застосовують комбіновану сушку - струмами високої частоти і нагрітими газами. Витрата енергії в такому випадку може бути знижена в три рази.

**Сушка з використанням вакууму.** Позитивною особливістю сушки із застосуванням вакууму є можливість проведення процесу при більш низьких температурах сушильного агенту і нагрівання посліду,





що особливо важливо при сушінні насінневого матеріалу. Крім того, сушка у вакуумі відбувається більш рівномірно [15].

Негативними сторонами сушіння посіду із застосуванням вакууму є підвищена витрата енергії і підвищена вартість витрат на створення складних, герметичних установок, що працюють під вакуумом. У зв'язку з цим вакуумне сушіння може знайти застосування лише в результаті раціонального вирішення питань, що відносяться до конструкції установок.

**Сублімаційне сушіння.** Сублімаційне сушіння проводиться в глибокому вакуумі (залишковий тиск 1.0-0.1 мм рт. ст. або 133.3-13.3 Па) при низьких температурах [7]. Безпосередньо на сушку сублімацією витрачається помірна кількість тепла низького потенціалу (при температурі 40-50 °С), але сумарна витрата енергії та експлуатаційні витрати більше, ніж при будь-якому іншому способі сушіння, виключаючи сушку в полі струмів високої частоти. В даний час шляхом сублімації сушать головним чином цінні продукти, які не витримують звичайної теплової сушки і вимагають тривалого збереження їх біологічних властивостей (пеніцилін і деякі інші медичні препарати, плазму крові, високоякісні харчові продукти).

**Сорбційна сушка.** Сорбційна сушка призначена для зневоднення вологого насіння при контакті з гігроскопічними речовинами (сорбентами) або при змішуванні вологого і сухого насіння. Сорбційний спосіб застосовують головним чином при сушінні тих матеріалів, які не виносять нагрівання через розтріскування або втрати цінних властивостей. При сорбційному сушінні вологий матеріал змішують з вологопогливачем (силікагелем, хлористим кальцієм, осиковими плашками, тирсою та ін.) і витримують протягом тривалого часу [13]. Однак цей спосіб з деяким удосконаленням застосовується при рециркуляційному сушінні зерна і насіння соняшнику, коли сире зерно змішується з просушеним [24].

**Рециркуляційний спосіб сушіння.** Технологічним прогресом в зерносушінні вважається впровадження у виробництво рециркуляційних агрегатів. Технологія сушіння зерна в рециркуляційних зерносушарках докорінно відрізняється від технології сушіння в шахтних сушарках. Рециркуляційний спосіб сушіння заснований на змішуванні певної кількості сирого з великою кількістю сухого. Сушка здійснюється при чергуванні короткочасного нагрівання суміші (2-3 с) у висхідному потоці агенту сушіння з температурою 250-350 °С, зволоження нагрітої суміші, наступного охолодження і рециркуляції більшої частини просушеного. Градієнт температури і вологості збігаються за напрямком, і волога видаляється під впливом термо-вологодієспроможності і вологодієспроможності. За один





цикл сушіння видаляється порівняно невелика (близько 2%) кількість вологи.

**Комбіновані способи сушіння.** Крім розглянутих способів сушіння застосовуються різні комбінації цих способів [5].

Конвективно-високочастотна сушка застосовується для підвищення економічних процесів і зниження витрати електроенергії. Високочастотну установку включають або в другому періоді, коли швидкість сушіння зменшується, або періодично, для створення позитивно спрямованого температурного градієнта всередині матеріалу. Видалення вільної вологи здійснюється за рахунок підведення тепла від агенту сушіння. При цьому способі скорочується тривалість процесу і підвищується його економічність.

Радіаційно-високочастотна сушка скорочує тривалість процесу і витрати електроенергії, сприяє більш рівномірному розподілу всередині матеріалу тепла. Все це призводить до підвищення якості продукту.

Застосування комбінованого конвективно-радіаційного методу дозволяє інтенсифікувати процес сушіння в киплячому шарі при обмеженій температурі сушильного агенту.

Застосовують також інші комбіновані способи сушіння: контактний радіаційний, кондуктивно-конвективний, ін. Так, наприклад, швидке нагрівання у полі ТВЧ з випаровуванням вологи потоком нагрітого повітря дозволяє більш ніж у 2 рази скоротити витрату електроенергії (у порівнянні з високочастотним способом) і в 1,5-2,0 рази підвищити швидкість сушіння (у порівнянні з конвективним способом).

**Сушка з проміжним підігрівом повітря по зонах.** Сушарка, що працює за цією схемою, складається з ряду зон, у кожній з яких встановлено додатковий калорифер. Такий багаторазовий, або ступінчастий підігрів повітря в сушильній камері дозволяє не тільки вести сушку в м'яких умовах, але й забезпечувати більш гнучкі умови сушіння.

**Сушка з частковою рециркуляцією відпрацьованого повітря.** За цією схемою частина відпрацьованого повітря повертається і змішується перед зовнішнім калорифером зі свіжим повітрям, що поступає в сушарку. Різновидом сушіння з рециркуляцією є сушка із замкнутою циркуляцією (конденсаційна). Конденсаційна сушка використовується при необхідності проводити сушку в чистому, що не містить пилу, повітрі, а також при видаленні з висушуваних матеріалів цінних парів наведених розчинів.

**Сушка з проміжним підігрівом і рециркуляцією повітря по зонах.**

Цей варіант сушильного процесу поєднує переваги обох вище описаних способів і застосовується в тих випадках, коли



пред'являються високі вимоги до рівномірності сушки у вологому повітрі при відносно низьких температурах. Його доцільніше застосовувати в хімічній промисловості і при переробці ефіроолійних культур.

**Барабанна сушарка.** Барабанна сушарка містить циліндричний барабан, що встановлений з невеликим нахилом до горизонту і спирається за допомогою бандажів на опірні і упорні ролики, живильник та приймально-гвинтову насадку, насадку всередині барабана, вивантажувальний пристрій, вентилятор, циклон, на кінцях барабана встановлені регулюючі пристрої, привод барабана здійснюється від електродвигуна з редуктором. Насадка всередині барабана виконана у вигляді декількох гвинтових лопатей, що встановлені по внутрішньому діаметру барабана на всій його довжині з навивкою, що має захід згідно з обертанням барабана.

Поставлена задача вирішується тим, що барабанна сушарка, яка містить циліндричний барабан, що встановлений з невеликим нахилом до горизонту і спирається за допомогою бандажів на опірні і упорні ролики, живильник та приймально-гвинтову насадку, насадку всередині барабана, вивантажувальний пристрій, вентилятор, циклон, на кінцях барабана встановлені регулюючі пристрої, привод барабана здійснюється від електродвигуна з редуктором, відповідно до запропонованої корисної моделі насадка всередині барабана виконана у вигляді декількох гвинтових лопатей, що встановлені по внутрішньому діаметру барабана на всій його довжині з навивкою, що має захід згідно з обертанням барабана.

**Висновок.** Аналіз методів сушіння і конструкцій сушарок показав перспективність сушіння вторинної продукції птахівництва конвективним методом в нерухомому шарі контейнерної сушарки. Однак слід переглянути технологічні режими сушіння в товстому нерухомому шарі.

#### Список використаних джерел

1. Ткаченко А., Дидур В. Оборудование и технология сушки семян подсолнечника высших репродукций. Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2009. 160 с.
2. Boltianska N. I., Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. №1(19). pp. 7–12.
3. 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.
4. Boltianska N.I., Boltianskyi B.V. Reducing energy expenses in the production of pork. *WayScience*. 2021. P.1. C. 27-29.



5. Serebryakova N., Podashevskaya H. Use of three-dimensional computer visualization in the study of nanostructures. Минск: БГАТУ, 2020. С. 517-519.
6. Карпов Б.А. Технология послеуборочной обработки и хранения зерна. М.: Агропромиздат, 1987. 288 с.
7. Boltianska N., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.
8. Skliar A. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. Lublin, 2014. Vol.16. No2, b. P.183-188.
9. Рысин А.П. Научные основы техники сушки пищевых продуктов в виброкипящем слое и промышленное внедрение сушильных установок: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.18.12. М, 1990. 51 с.
10. Цугленок Н.В. Манасян С.К., Демский Н.В. Классификация зерносушилок сельскохозяйственного назначения. *Проблемы совр. аграр. науки*. Красноярск, 2008. С. 90-92.
11. Цугленок Н.В. Манасян С.К., Демский Н.В. Современное состояние и перспективы развития зерносушильной техники. *Проблемы совр. аграр. науки*. Красноярск, 2008. С. 66.
12. Манасян С.К., Цугленок Н.В., Демский Н.В. Зерносушилки сельскохозяйственного назначения: монография. Красноярск, 2007. 119 с.
13. Zhuravel D., Boltianska N. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference*. Athens. 2021. Pp. 231-233.
14. Хотін С.Ю. Перспектива використання геліоенергетичних систем у сільському господарстві південних районів України. *Аграрний вісник Причорномор'я*. Одеса, 1999-Вип. №1 (5). С. 43 - 54.
15. Грачёва Л., Груба Г. Способы и методы использования экологически чистой энергии. Симферополь: Таврия, 2004. 728 с.
16. Грачёва Л.И. Груба Г.И., Пробей В.Б. Голова Развитие солнечной энергетики в Украине. Симферополь: Таврия, 2005. 764 с.
17. Boltianska N. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Rome. 2021. Pp. 171-176.
18. Барабанные сельскохозяйственные сушилки: Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2000. № 11. С. 13-15.
19. Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research: The XIV International scientific-practical conference*. Bilbao. 2020. Pp. 431-433.



20. Пятрушявичюс В. В. Любарский Активное вентилирование травяных кормов. Л.: Агропромиздат, 1986. 96 с.

21. Boltianska N. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. Pp. 478-480.

22. Котов Б.1., Кіфяк В.В. Математична модель електронагріву зерна у рухомому віброзріженому шарі при комбінованому енергопідведенні. *Вісник ХНТУСТ*. Харків, 2007. Вип.58. С. 58 - 64.

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

24. 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. P. 49-54.

**S. Grigorenko, R. Skliar**

**Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University**

## **ADAPTIVE METHODS OF POULTRY WASTE DISPOSAL**

### ***Summary***

The task of developing the agro-industrial complex, including poultry farming, remains an issue of the country's food security. Disposal of poultry manure is one of the most difficult problems that hamper a business. The scale of the industry's development has exacerbated it. The largest poultry farms are forced to deal with environmental issues, because gigantic volumes of poultry manure are becoming a threat to the environment. Toxic waste needs to be stored somewhere. And any of their placement without neutralization inflicts a blow on the environment.

There are many technologies for recycling biomaterial - poultry and livestock waste. Basically, several types are used: passive and intensive composting, including anaerobic digestion, as well as bioenergetic methods. The most interesting is the technology of converting poultry manure into dry fuel and obtaining heat energy. Dry chicken manure has almost the same calorie content as wood. With pre-drying combustion technology, manure is converted into a valuable fuel.

Development of a method and device for drying poultry manure and introducing new workshops for the production of dry poultry into the general technological chain of a poultry enterprise. litter, makes it possible not only to create a waste-free production, taking into account environmental and economic factors, but also to significantly increase the culture of production and the profitability of the industry.

One of the tasks in the preparation of organomineral fertilizers is to obtain a substance with high fertilizing properties, which is associated with various chemical transformations of the components being mixed. The processes for obtaining these products during the processing of manure consist of separate stages, which are subdivided into several technological operations. In turn, each of these operations consists of elements that represent a complete action to change the state of the litter being processed. This provides for the implementation of manual, machine, automatic and operator



operations, the ratio of these operations depends on the perfection of this process.

**Key words:** drying, manure, sublimation, dryers, poultry waste, convection.

**С.М. Григоренко, Р.В. Скляр**  
**Таврический государственный агротехнологический университет**  
**имени Дмитрия Моторного**

## **АДАПТИВНЫЕ МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА**

### ***Аннотация***

Задача развития агропромышленного комплекса, в том числе птицеводства, остается вопросом продовольственной безопасности страны. Утилизация куриного помета относится к наиболее сложным проблемам, которые тормозят бизнес. Масштабы развития отрасли обострили ее. Крупнейшие птицеводческие хозяйства вынуждены заниматься экологическими вопросами, потому что гигантские объемы куриного помета становятся угрозой для окружающей среды. Токсичные отходы необходимо где-то складировать. И любое их размещение без обезвреживания наносит удар по экологии.

Существует много технологий утилизации биоматериала - отходов птицеводства и животноводства. В основном, используется несколько видов: пассивное и интенсивное компостирования, в том числе анаэробное сбраживание, а также биоэнергетические методы.

**Ключевые слова:** сушка, помет, сублимация, сушилки, отходы птицеводства, конвекция.



УДК 631.6.02:631.51.61

Н. І. Болтянська, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-7887-4715

О. В. Болтянський, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-9543-5538

Б. В. Болтянський, к.т.н.

ORCID: 0000-0003-2072-4025

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

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

## НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ В ТВАРИННИЦТВІ

**Анотація.** В статті визначено фактори, які сприяють зростанню зацікавленості і потреби в створенні і використанні децентралізованого енергозабезпечення тваринницьких підприємств, наведено енергетичне обладнання, яке можуть включати децентралізовані системи. Означено основні переваги когенераційних установок в порівнянні з традиційними котельнями та сфери застосування міні-ТЕЦ з когенерацією у сільському господарстві.

Проаналізовано нові джерела енергії, нові види палива, включаючи рослинну сировину, для виробництва рідкого і газоподібного палива та нові способи перетворення і використання біомаси в енергетиці сільського господарства в умовах загострення екологічних, енергетичних та економічних проблем, пов'язаних з поступовим виснаженням викопних ресурсів і значним зростанням їх вартості. У статті представлений аналіз енергетичних систем в тваринництві, який показує, що однією з головних причин низької ефективності виробництва продукції є його висока енергоємність. Обґрунтовано напрями щодо поліпшення і модернізації систем електропостачання в тваринництві.

**Ключові слова:** тваринництво, виробництво продукції, енергоресурси, ефективність використання, поновлювані джерела енергії.

**Постановка проблеми.** Стратегічною метою розвитку енергетичної бази і систем енергозабезпечення сільського господарства є підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва і в тому числі тваринництва на базі електромеханізації технологічних процесів, забезпечення надійного і сталого енергопостачання споживачів при зниженні енергоємності





виробництва продукції, а, отже, і її собівартості, створення комфортних соціально побутових умов життя на селі [1-5].

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити ряд організаційно-правових, науково-технічних і виробничих завдань з модернізації та переоснащення систем енергопостачання, ефективного і безпечного використання електричної енергії і палива в тваринництві, в особистих підсобних господарствах і в побуті, створення нових електротехнологій, технічних засобів і енергетичного обладнання. Підйом продуктивності тваринництва, зниження витрат на виробництво продукції, підвищення її конкурентоспроможності багато в чому визначаються технологічною модернізацією, освоєнням нових інтенсивних технологій, надійним і ефективним енергозабезпеченням, управлінням процесом отримання продукції [6-10].

З огляду на те, що в витратах виробництва значне місце займають витрати на паливно-енергетичні ресурси – реалізація шляхів їх ефективного використання з більшим ККД набуває особливого значення. Впровадження нових інноваційних технологій в тваринництві та інших сільськогосподарських технологіях вимагає і нових, більш досконалих засобів і систем енергозабезпечення, в ряді випадків нові технології, процеси не можуть бути здійснені на старій енергетичній базі [11-13].

*Аналіз останніх досліджень.* Питанням підвищення ефективності галузі тваринництва присвятили свої праці провідні вчені аграрники, серед яких В. Андрійчук, В. Амбросов, П. Березівський, В. Бойко, О. Мазуренко, Н. Серебрякова, М. Пархомець, О. Подашевська, П. Саблук та ін. У роботах В. Жовтянського, М. Кулика, Б. Стогнія розглянуті загальні принципи енергозбереження і механізми реалізації політики енергозбереження. Л. Грачова і В. Маляренко займалися питаннями підвищення ефективності використання нетрадиційних джерел енергії в тваринницькому комплексі країни. В. Корчемна, В. Федорей і М. Щербань приділяли увагу питанням енергозбереження в агропромисловому комплексі. В. Маляренко і В. Гальчак розглядали альтернативні джерела енергії та основи теплофізики будівель. Проблеми зниження енерговитрат і енергомісткості аграрної економіки, як передумови посилення енергетичної незалежності України, а також впровадження найбільш дієвих механізмів реалізації енергозберігаючих заходів в сільському господарстві розглядаються такими науковцями, як Н. Грабак, І. Дяк, І. Запужляк та ін. Однак, на даний момент, залишається ще багато питань, які потребують вирішення [14–21].

*Формулювання цілей статті.* Визначити основні причини низької ефективності виробництва продукції. Проаналізувати нові джерела енергії, нові види палива, включаючи рослинну сировину, для



виробництва рідкого і газоподібного палива та нові способи перетворення і використання біомаси в енергетиці сільського господарства та обґрунтувати напрями щодо підвищення ефективності використання енергоресурсів в тваринництві.

*Основна частина.* Ефективність енергозабезпечення тваринницьких і птахівничих об'єктів, витрати на енергоресурси, а, отже, і енергоємність продукції багато в чому визначаються прийнятою системою енергопостачання, використовуваними енергоносіями і величиною енерговитрат. Тому обґрунтування і вибір раціональної системи енергопостачання конкретних об'єктів (або її модернізація) є безумовно найважливішим завданням для реалізації систем енергозабезпечення галузі тваринництва.

Останнім часом зросла зацікавленість і потреба в створенні і використанні децентралізованого (автономного) енергозабезпечення тваринницьких підприємств [22-24].

Цьому сприяють такі обставини:

- перевищення попиту на енергію (в ряді регіонів має місце дефіцит енергії);
- різке збільшення вартості (тарифів) на електричну, теплову енергію та паливо, що поставляються енергопостачальними організаціями, що викликає значне зростання енергетичної складової в собівартості сільгосппродукції;
- зниження надійності енергопостачання та якості енергії - збільшення числа і тривалості відключень, що тягне за собою зростання збитків у сільгоспспоживачів, особливо в теплицях, птахофабриках, комплексах, фермах, сховищах і переробних підприємствах;
- значне зростання плати за підключення нової потужності і забезпечення вимог енергопостачальної організації, що для ряду споживачів стає важко здійсненним;
- необхідність для багатьох сільськогосподарських об'єктів мати комплексне енергопостачання - електричної і теплової енергії;
- наявність у багатьох регіонах і господарствах місцевих енергоресурсів: біомаси, відходів тваринництва, рослинництва, лісового господарства, олійних культур, розвиток технологій їх переробки в якісне рідке паливо і газ, які можуть використовуватися в децентралізованих системах для вироблення електричної і теплової енергії, що підвищує ККД використання палива;
- використання можливостей зниження вартості виробленої енергії, терміну окупності капвкладень і продажу надлишків енергії;
- наднормативні втрати енергії при її передачі;
- можливість роботи енергетичного обладнання на різних видах палива, як виробляється на місцях, так що поставляється централізовано (газ, дизельне паливо, біопаливо);



- можливість переобладнання наявних котелень в міні і малі ТЕЦ.

З огляду на ці умови, впровадження децентралізованих систем комплексного енергопостачання, вибір тієї чи іншої системи і устаткування залежить від потреб об'єкта в обсягах і видах енергії, місцевих умов і наявності власних енергоресурсів, відновлюваних джерел, відстані до системи централізованого енергопостачання і визначається техніко-економічним розрахунком варіантів [25,26].

Ці умови вимагають розробки різних типів децентралізованих систем і устаткування:

- за продуктивністю;
- за видом палива, що використовується, наявністю місцевих та поновлюваних ресурсів;
- за графіком сезонного і добового теплового та електричного навантаження споживачів.

Децентралізовані системи можуть включати різне енергетичне обладнання (рис. 1):

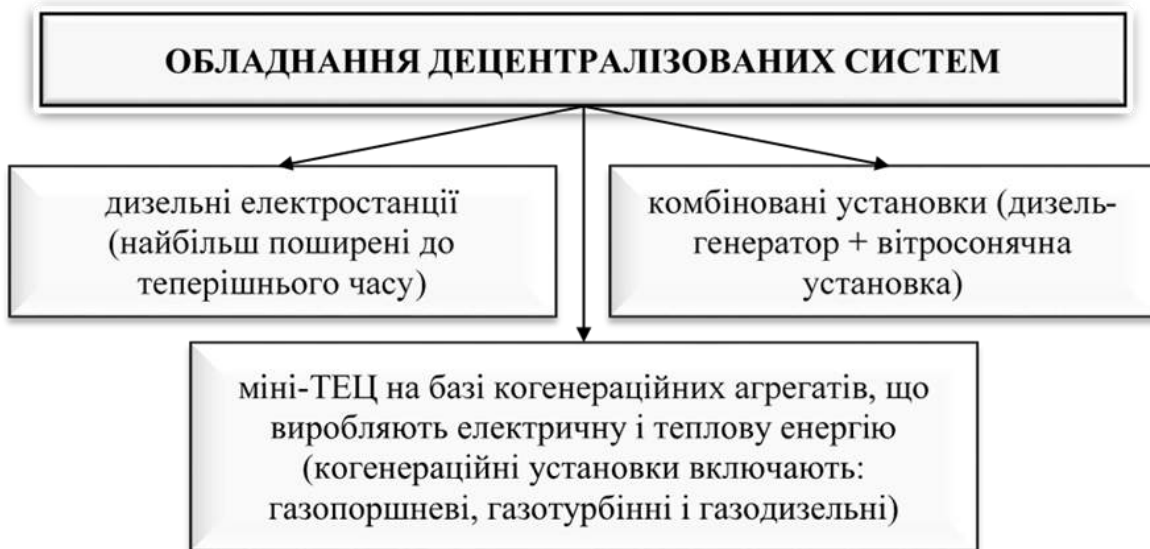


Рисунок 1. Енергетичне обладнання децентралізованих систем

Основна перевага когенераційних установок в порівнянні з традиційними котельнями полягає в можливості більш ефективного використання палива, що спалюється, тому що в цих системах найбільший економічний ефект досягається при спільному виробленні електричної і теплової енергії на місці споживання. У сільському господарстві міні-ТЕЦ з когенерацією можуть мати різні сфери застосування (рис. 2).

В сучасних когенераційних установках, при виробленні електричної і теплової енергії при оптимальних умовах можна досягти

загального ККД до 90% (до корисного використання енергії палива, що спалюється).



Рисунок 2. Сфери застосування міні-ТЕЦ з когенерацією у сільському господарстві

Технічний прогрес загострив екологічні, енергетичні та економічні проблеми, пов'язані з поступовим виснаженням викопних ресурсів і значним зростанням їх вартості. Для вирішення цих проблем ведеться пошук нових джерел енергії, нових видів палива, включаючи рослинну сировину, для виробництва рідкого і газоподібного палива, нових способів перетворення і використання біомаси в енергетиці сільського господарства [27,28].

Ефективне використання місцевих енергоресурсів в енергетиці села – біомаси, деревних і рослинних відходів, торфу, гною, стоків та ін. у багатьох регіонах може покрити значну частину (до 30%) енергобалансу ряду господарств і підприємств, скоротити наполовину кількість відключень електроживлення. Створення децентралізованих систем дозволяє знизити залежність від централізованого енергопостачання, аж до самоенергозабезпечення. При вирішенні цієї проблеми важлива роль відводиться розробці та освоєнню технологій і комплектів обладнання по переробці рослинної біомаси, торфу, рослинних і деревних відходів в якісне рідке, газоподібне і тверде паливо, біоконверсія гною в біогаз і добрива, отримання палива з водоростей [29,30].

Наявність величезних щорічно поновлюваних запасів рослинної і деревної сировини обумовлює необхідність розробки і використання технологій і технічних засобів отримання біопалив, альтернативних викопним паливам. Запаси місцевих видів палива рослинних і деревних відходів, гною, посліду величезні, проте їх використання в якості палива до теперішнього часу було незначним, включаючи використання дров, обсяги споживання яких були великими до 1960-70



років і потім в значній мірі замінені використанням електроенергії, газу, рідкого палива. Ставиться завдання значного збільшення обсягу використання місцевих і поновлюваних енергоресурсів в енергобалансі сільських споживачів. Особлива їх роль у енергозабезпеченні автономних споживачів невеликої потужності, ряд яких може бути повністю переведений на місцеві і поновлювані енергоресурси.

При наявності ефективних технологій переробки різної енергетичної сировини, включаючи відходи, в більш цінні види палива сільгоспвиробники мають можливість покривати значну частину витрат, пов'язаних з придбанням палива і електроенергії, за рахунок власних сировинних ресурсів, як традиційних - торф, дрова, відходи рослинництва, так і нових перетворених - біопаливо, біогаз. Найбільш відомі і поширені такі термохімічні методи перетворення біомаси в енергоносії, як пряме спалювання, газифікація та піролізація.

Важливим напрямком зниження споживання вуглеводневих палив, утилізації відходів, що утворюються в сільському господарстві і поліпшення екологічної ситуації на місцях є приготування та використання сумішевих біопалив.

Одним з таких перспективних напрямків є приготування сумішевих біопалив з вологого гною (відходи ВРХ, свиней, пташиний послід) і вуглеводневих палив (нафтошлему, відпрацьовані мастила, мазут) в співвідношенні 4:1. Технічні засоби приготування таких біопалив включають блок дроблення і змішування компонентів, також блок їх гомогенізації, що складається з ротаційно-пульсаційного апарату і ультразвукового генератора, ємності для зберігання. Цех з приготування і зберігання сумішевих біопалив повинен розташовуватися безпосередньо поблизу тваринницьких ферм або птахофабрик.

Важливим напрямком використання деревних відходів є гранулювання і брикетування деревини і продуктів рослинництва (в першу чергу відходів рослинництва, а також сировини, що вирощується спеціально для виробництва палива), при цьому забезпечується зручність зберігання, транспортування та спалювання гранульованої деревної маси. Недоліками є висока енергоємність технології, на здійснення якої витрачається до 50% енергії одержуваного палива, і висока собівартість одержуваних пелет і гранул. Тому виробництво деревних пелет в даний час і в найближчій перспективі може бути вигідним в основному при їх продажу за кордон на експорт і для використання в автоматизованих котельнях і генераторах. У зв'язку з цим досить перспективним є культивування і використання в якості сировини для приготування біодизеля мікродоростей, про що свідчить досвід США, Філіппін та ряду інших країн.





Один із шляхів раціонального використання гною і гнойових стоків тваринницьких ферм і птахофабрик їх метанове зброджування, метаногенеза, який є гарним способом знешкодження рідкого гною і збереження його як добрива при одночасному отриманні додаткового енергоносія біогазу. В даний час настав новий етап розвитку і удосконалення біогазових технологій. Розробляється блочно-модульний принцип побудови комплектів біогазового обладнання.

Одночасно з отриманням біогазу, метанове зброджування гною забезпечує його дезодорацію, дегельмінтизацію, знищення здатності насіння бур'янів до схожості, перетворення корисних речовин в легкозасвоювану рослинами мінеральну форму. При цьому поживні (для рослин) речовини – азот, фосфор і калій – практично не втрачаються.

Використання біогазових комплектів на тваринницьких фермах забезпечує отримання додаткової енергії у вигляді біогазу та якісних органічних добрив, а також дозволяє значно знизити антропогенне навантаження на навколишнє середовище. Гній тварин і послід птахів як енергетична сировина служить для вироблення пального біогазу шляхом анаеробного метанового зброджування. З 1 т сухої речовини гною в результаті анаеробного зброджування при оптимальних умовах можна отримати до 340 м<sup>3</sup> біогазу, або в перерахунку на одну голову великої рогатої худоби 2,5 м<sup>3</sup> на добу, а протягом року близько 900 м<sup>3</sup>. Отриманий біогаз використовується в газових теплоенергетичних установках з отриманням паливної та електричної енергії, а зброжений гній збирається в сховище, для подальшого використання на полях в якості добрива.

В даний час розроблені установки перетворення поновлюваних видів енергії (ПВЕ) в різні види: електричну і теплову, для використання їх в сільському господарстві. Це – фотоелектричні станції модульного типу, вітроенергетичні установки потужністю 0,1 до 1000 кВт, мікро міні-ГЕС та ін. Вони призначені для електро- та енергопостачання окремих сільських будинків, невеликих селищ, промислових бригад, садових ділянок, невеликих ферм і т.д. Найбільш ефективний шлях – це створення комбінованих вітро-сонячно-дизельних агрегатів (або поєднання їх з традиційними), що гарантують безперебійне електропостачання і економію дизельного палива (до 60%). Використання поновлюваних видів енергії в сільському господарстві дозволить вирішувати такі завдання:

- забезпечення сталого енергопостачання населення і сільськогосподарського виробництва в зонах децентралізованого електропостачання;
- зниження обсягів завезення палива в важкодоступні місця і райони;





- забезпечення гарантованого мінімуму енергозабезпечення об'єктів в зонах централізованого енергопостачання під час аварійних і технологічних відключень;
- зниження в перспективі в 2 і більше рази шкідливих викидів від теплових енергетичних установок на окремих об'єктах зі складною екологічною обстановкою.

За всіма видами обладнання використання ПВЕ в енергетиці сільського господарства є наукові і проектні розробки. Однак реалізація їх помітно відстає, і частка ПВЕ в енергобалансі села поки мала - до 1%. Принцип децентралізації енергопостачання ферм і інших об'єктів підтвердив свою ефективність - це коли енергетичні установки вбудовуються в окремі приміщення, безпосередньо забезпечуючи енергією технологічний процес. Найчастіше для цього використовуються електрифіковані або газифіковані установки. Це дозволяє позбавлятися від протяжних електричних, теплових і газових мереж, що значно зменшує втрати енергії. Для таких систем розроблено і розробляється енергетичне обладнання інфрачервоні електричні та газові обігрівачі, ємнісні і проточні електроводонагрівачі, конвектори, теплопарогенератори та утилізатори. У системах теплоенергозабезпечення високу енергоефективність мають такі технологічні процеси, як утилізація викидного тепла і використання теплових насосів. Результати досліджень і випробувань цього обладнання підтверджують їх енергоекономічність – їх реалізація дозволить економити до 40% витрат енергії на опалення і мікроклімат тваринницьких приміщень. Їх використання найбільш ефективно і має велику перспективу в процесах вентиляції тваринницьких приміщень, охолодження молока і нагрівання води.

Важливим енергоефективним напрямком є удосконалення систем освітлення приміщень і опромінення тварин на базі нових освітлювальних приладів з лампами високого світлової віддачі і великим терміном служби (компактні люмінесцентні, світлодіодні, металогалогенні, натрієві), що знижують споживання електроенергії в 2-7 разів в порівнянні з лампами розжарювання.

Розробляються останнім часом електротехнології і електротехнологічні процеси, нанотехнології, електрофізичні методи впливу на біооб'єкти: рослини, насіння, тварин, птицю, вироблену продукцію, повітряне середовище, ґрунт, корм, воду, що мають велику перспективу як в плані отримання нових властивостей і якостей матеріалів і середовища, так і в плані значного зниження енерговитрат, економії паливно-енергетичних ресурсів і зниження енергоємності сільськогосподарської продукції.

В актив розвитку енергетики, раціонального використання ПЕР на селі слід віднести багатоперспективні науково-технічні розробки з



енергетики та електрифікації, реалізація яких багато в чому визначається відродженням економіки господарств, а також створенням умов і бази для проведення енергозберігаючої політики.

#### Список використаних джерел

1. Шокарев О. М. Шляхи підвищення ефективності управління сільськогосподарським виробництвом. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 86-90. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/shokarev-2-2020.pdf>
2. Komar A. S. Fertilization of poultry manure by granulation. *Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production: Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference*. 2019. Pp. 18–20.
3. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learnin*: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference. *Bordeaux*. 2020. Pp. 478-480.
4. Маніта І.Ю. Питання цифровізації сільського господарства в Україні. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 346-350. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/manita-2020.pdf>
5. Skliar R. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research*: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. *Bilbao*. 2020. Pp. 431-433.
6. Шокарев О.М. Напрями автоматизації технологічних процесів в АПК. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 626-632. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/boltjanska-1-2020.pdf>
7. Podashevskaya H., Sklar R. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.
8. Serebryakova N. Use of three-dimensional computer visualization in the study of nanostructures. Минск: БГАТУ, 2020. С. 517-519.
9. Podashevskaya H., Manita I. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. *Інженерія природокористування*. Харків: ХНУСГ, 2020. №2(16). С. 33 – 37.
10. Serebryakova N. Selection of optimal modes of heat treatment of grain. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в*



агропромислового комплексу: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 20-24.

11. Manita I. Areas of application of nanotechnologies in animal husbandry. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромислового комплексу: матеріали. II Міжнар. наук.-практ. конф.* Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 357-361. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/podashevskaya-2020.pdf>

12. Подашевська О.І. Проблеми і перспективи розвитку інформаційних технологій в сільському господарстві. *Праці ТДАТУ*, 2020. Вип. 20, т. 4. С. 175-185.

13. Болтянська Н. І., Маніта І. Ю. Інноваційний розвиток техніки для молочного скотарства. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 2. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-2.pdf>

14. Uskenov R.B. The need to improve the feeding parameters of cattle. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромислового комплексу: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф.* Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 184-184. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/uskenov-2020.pdf>

15. Boltianska N., Manita I., Komar A. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Інженерія природокористування*. Харків: ХНУСГ, 2021. №5(19). С. 38 – 42.

16. Skliar R., Sklar O. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Rome. 2021. Pp. 171-176.

17. Boltiansky 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.

18. Скляр О.Г., Скляр Р.В, Маніта І. Ю. Механізація доїння і первинної обробки молока: підручник. К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. 401 с.

19. Demyanenko D., Skliar O. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.

20. Скляр Р. В. Машини, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник / Р.В. Скляр, О.Г. Скляр, Б.В. Болтянський. К.: Видавничий дім «Кондор», 2019. 608 с.

21. Boltianska N.I., Boltianskyi O.V., Boltianskyi B.V. Reducing energy expenses in the production of pork. *WayScience*. Dnipro, Ukraine, 2021. P.1. С. 27-29.



22. Sklar O. G. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol : Color Print. 2012. 720 p.

23. 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). 118-121.

24. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. *Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference "Kramar Readings"*. 2017. P. 155-158

25. Boltyanskaya N.I. Justification of choice of heating system for pigsty. *Teka Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture*. 2018. Vol. 18. No 1. P. 57–62

26. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll. scientific-works of Intern. *Research Practice Conf. "Topical issues of development of agrarian science in Ukraine"*. Nizhin, 2019. Pp. 84–91.

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

28. Скляр Р.В., Скляр О.Г., Комар А. С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. *WayScience*. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.

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

30. Sosnowski S. 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.

Стаття надійшла до редакції 8.03.2021р.

**N. Boltianska, O. Boltianskyi, B. Boltianskyi**  
**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **DIRECTIONS OF INCREASING ENERGY EFFICIENCY IN ANIMAL HUSBANDRY**

### *Summary*

The strategic goal of the development of the energy base and energy supply systems of agriculture is to increase the efficiency of agricultural production and, including animal husbandry based on the electromechanization of technological processes, ensuring reliable and sustainable energy supply of consumers with a decrease in the energy intensity of production, and, consequently, its cost, creating comfortable Socio domestic



living conditions on the village. The article identifies the factors that contribute to the growth of interest and the need to create and use the decentralized energy supply of livestock enterprises, energy equipment provides decentralized systems. The main advantages of cogeneration plants compared with traditional boilers and the scope of mini-CHP cogeneration in agriculture are noted.

New sources of energy, new fuels, including vegetable raw materials for the production of liquid and gaseous fuels and new ways of transformation and use of biomass in agricultural energy in exacerbation of environmental, energy and economic problems related to the gradual exhaustion of fossil resources and a significant increase in their cost. The article presents an analysis of energy systems in animal husbandry, which shows that one of the main reasons for low production efficiency is its high energy intensity. The directions to improve and upgrade the power supply systems are substantiated. An important energy efficient direction is to improve the lighting systems of premises and irradiation of animals based on new lighting devices with high-light impact lamps and a long service life (compact fluorescent, LED, metal-halide, sodium), reduced electricity consumption 2-7 times compared with incandescent lamps. The tasks that will solve the tasks of using renewable energy types in agriculture are noted.

**Key words:** livestock, production production, energy, efficiency of use, renewable energy sources.

**Н. И. Болтянская, О.В. Болтянский, Б.В. Болтянский**  
**Таврический государственный агротехнологический университет имени**  
**Дмитрия Моторного**

## **НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

### *Аннотация*

В статье определены факторы, которые способствуют росту заинтересованности и потребности в создании и использовании децентрализованного энергообеспечения животноводческих предприятий, приведено энергетическое оборудование, которое могут включать децентрализованные системы. Отмечено основные преимущества когенерационных установок по сравнению с традиционными котельными и сферы применения мини-ТЭЦ с когенерацией в сельском хозяйстве.

Проанализированы новые источники энергии, новые виды топлива, включая растительное сырье для производства жидкого и газообразного топлива и новые способы преобразования и использования биомассы в энергетике сельского хозяйства в условиях обострения экологических, энергетических и экономических проблем, связанных с постепенным истощением ископаемых ресурсов и значительным ростом их стоимости. В статье представлен анализ энергетических систем в животноводстве, который показывает, что одной из главных причин низкой эффективности производства продукции является его высокая энергоемкость. Обоснованы направления по улучшению и модернизации систем электроснабжения.

**Ключевые слова:** животноводство, производство продукции, энергоресурсы, эффективность использования, возобновляемые источники энергии.





УДК 631.3.004.67

Г. І. Дашивець, к.т.н.  
e-mail: galyna.dashyvets@tsatu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-2612-6077

В. В. Паніна, к.т.н.  
e-mail: valerija.panina@tsatu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-9623-516X

А. М. Бондар, к.т.н.  
e-mail: andriy.bondar@tsatu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-4761-9084

Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного

## ВПЛИВ РІВНЯ ВИРОБНИЧИХ РЕСУРСІВ НА ЯКІСТЬ РЕМОНТУ МАШИН

**Анотація.** Основна мета – дослідження факторів рівня виробничих ресурсів сервісного підприємства, що впливають на якість ремонту машин. В статті для аналізу процесів підприємства технічного сервісу і розробки плану заходів щодо підвищення ефективності його діяльності було використано «дерево цілей». Виявлені комплексні фактори рівня виробничих ресурсів, від яких залежить якість ремонту машин. Виконано ранжування всіх показників, за результатами експертної оцінки були визначені коефіцієнти вагомості для факторів, що входять в дерево цілей. Побудовані діаграми коефіцієнтів вагомості показників. Розглянуті фактори дозволили сформулювати основні напрямки підвищення якості ремонту.

**Ключові слова:** управління якістю, «дерево цілей», рівень виробничих ресурсів, експертна оцінка, коефіцієнт вагомості, діаграма, технологічна база, інженерна підготовка виробництва, робоча сила.

**Постановка проблеми.** Якість продукції має фундаментальне значення для розвитку суспільства і виступає головним фактором діяльності людей. Планування якості продукції полягає у встановленні її випуску з необхідними значеннями показників якості протягом заданого інтервалу часу і здійснюється на різних етапах життєвого циклу виробів, який включає проектування, виробництво і експлуатацію.

Плани підвищення якості повинні забезпечуватися необхідними матеріальними, фінансовими і трудовими ресурсами, а плановані показники і заходи щодо підвищення якості ретельно обґрунтовуватися розрахунками економічної ефективності. Планування підвищення якості продукції базується на застосуванні загальних принципів і





методів планування, а стратегія в управлінні якістю характеризується рядом моментів, таких як

- якість продукції повинна бути орієнтована на задоволення вимог споживача;

- процес забезпечення якості є систематичним, пронизуючим організаційну структуру підприємства;

- питання якості є актуальними в процесі проектування, конструювання, маркетингу і післяпродажного обслуговування;

- процес підвищення якості продукції вимагає застосування нових технологій і досягається тільки зацікавленою участю всіх працівників.

Зазначене вище можна здійснити тільки при дії чітко організованої системи управління якістю, спрямованої на інтереси споживачів, що зачіпає всі підрозділи підприємства.

*Аналіз останніх досліджень.* Питанням, пов'язаним з якістю продукції присвячено багато праць вітчизняних та зарубіжних науковців, серед яких Ю.П. Адлер, Ю.В. Бібік, Р.В. Бичківський, У.Е. Демінг, Дж. Харінгтон О.М. Криворучко, К. Ісікава, Ф. Котлер, Т. Нагао, В. Парето, М. Портер та ін. Вони розглядали систему якості як сукупність організаційної структури, процесів і ресурсів, необхідних для здійснення загального керівництва якістю. Дослідженню підлягали всі завдання, функції, процеси, структури, організаційні елементи, методи, заходи, що застосовуються для управління якістю. Відомі роботи англомовних авторів [6-10], в яких розглядалися питання підвищення якості, надійності технічних систем, описані методи їх оцінки, такі як аналіз дерева відмов, дельта-метод, метод Маркова, метод додаткових змінних і управління якістю.

*Формулювання мети статті.* Залишається важливими питання застосування системи управління якістю на сервісних підприємствах, тому основною метою роботи є дослідження факторів рівня виробничих ресурсів, що впливають на якість ремонту машин в умовах сервісного підприємства.

*Основна частина.* Комплексна система управління якістю сільськогосподарської техніки передбачає проведення робіт за трьома напрямками [3].

1. Управління якістю при виготовленні і капітальному ремонті машин і при технічному обслуговуванні здійснюється шляхом виконання наступних заходів:

- вдосконалення планування підвищення рівня якості ремонту і технічного обслуговування,

- організація і проведення внутрішньої і галузевої атестації ремонтної продукції,

- підвищення технічного рівня, вдосконалення технології, підвищення продуктивності праці,



- організація і вдосконалення контролю за ходом технологічних процесів і якістю продукції,
- застосування сучасних методів збору, аналізу та використання інформації про надійність продукції,
- підвищення кваліфікації та організація навчання робітників та інженерно-технічного персоналу прогресивним формам і методам поліпшення якості робіт і продукції на основі більш повного і раціонального використання матеріальних і трудових ресурсів, впровадження досягнень сучасної науки і техніки,
- оцінка якості роботи виконавців і підрозділів ремонтних підприємств.

2. Управління якістю на стадії зберігання і транспортування ремонтного фонду і відремонтованої техніки здійснюється створенням і дотриманням умов в суворій відповідності до вимог ДСТУ.

3. Управління якістю в експлуатації проводиться діагностуванням і технічним обслуговуванням.

Безперервний технічний прогрес в галузі виробництва машин потребує постійного росту технічного рівня сервісних підприємств: нових прогресивних технологічних прийомів, забезпеченість сучасним обладнанням, оснасткою, пристроями та інструментами. Реалізація технології, якість роботи залежать від рівня організації виробництва. Таким чином сервісне підприємство слід розглядати взаємопов'язано, з точки зору технологічних, організаційних факторів забезпечення якісного ремонту машин.

Виробничі задачі вирішуються в такій послідовності: цілі → заходи → ресурси [1]. Спочатку повинні бути обґрунтовані конкретні цілі, які виникають зазвичай з протиріч між потребами суспільства та сформованими результатами роботи. Для реалізації цілей необхідні конкретні заходи, які зачіпають весь комплекс взаємопов'язаних та взаємообумовлених робіт. Виконуються заходи шляхом залучення необхідних фінансових, матеріальних та трудових ресурсів. Для обґрунтування ресурсів використовують відповідний математичний апарат, який дозволяє оптимізувати їх розмір та склад.

Для аналізу процесів підприємства технічного сервісу і розробки плану заходів щодо підвищення ефективності його діяльності може бути використано «Дерево цілей». «Дерево цілей» – розгорнута, розподілена за рівнями сукупність цілей і завдань економічної програми. В найбільш розгорнутому вигляді програмно-цільовий підхід передбачає такі етапи [4]: цілі → прогноз → програма → ресурси → план (рішення) → реалізація плану → нові (відкоректовані) цілі.

Все «дерево цілей» повинно бути зосереджено на виконання головної мети, це може бути підвищення якості продукції підприємства або виконуваних процесів. Визначення цілей дозволяє покроково

розбити заходи, виконання яких сприятиме досягненню стратегічних напрямків. Метод дозволяє обчислити для різних функціональних підсистем кількісні вагові коефіцієнти з метою виявити, які з можливих комбінацій забезпечують найкращу віддачу.

«Дерево цілей» рівня виробничих ресурсів, які впливають на якість ремонту машин було розроблено за допомогою робочої групи експертів (спеціалістів технічного сервісу) (рисунок 1).

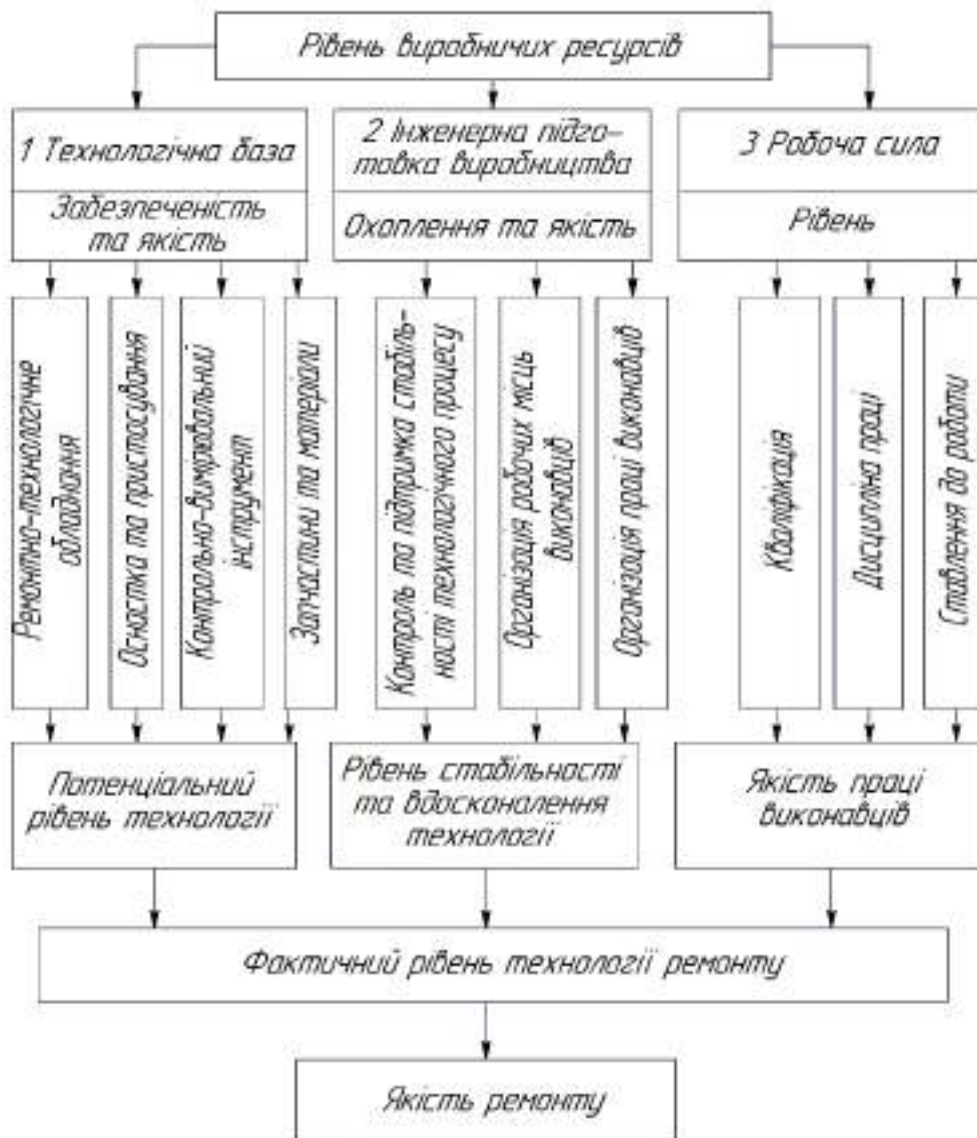


Рисунок 1. «Дерево цілей» забезпечення якості ремонту машин

Проблема підвищення якості ремонту є комплексом технічних та соціально-економічних питань, це систематична робота по підвищенню ефективності виробничих ресурсів, які включають в себе обладнання, оснастку, інструмент та робочу силу.



Рівень виробничих ресурсів, від яких залежить якість ремонту машин, складається з таких факторів: забезпеченість та якість технологічної бази, охоплення та якість інженерної підготовки виробництва, рівень робочої сили. В свою чергу ці комплексні фактори складаються з одиничних.

Забезпеченість та якість технологічної бази обумовлюється забезпеченістю: ремонтно-технологічним обладнанням, оснасткою та пристосуваннями, контрольно-вимірювальними інструментами, запасними частинами і матеріалами [5].

Охоплення та якість інженерної підготовки виробництва залежить від контролю і підтримання стабільності технологічного процесу, організації робочих місць виконавців, організації праці виконавців.

На рівень робочої сили впливають кваліфікація робітників, їх відношення до роботи, дисципліна праці і технології.

Впливати на одиничні фактори технології ремонту можливо шляхом відповідного підняття рівня виробничих ресурсів: введення нового обладнання, або якого не вистачає, оснастки, інструмента, покращення постачання запасними частинами і матеріалами по номенклатурі та якості, вдосконаленням робочих місць та впровадженням більш вдосконалених форм праці, посиленням контролю за всіма стадіями технологічного процесу, укріпленням дисципліни праці, підвищення кваліфікації кадрів та відповідальності виконувачів.

Ранжування всіх показників було встановлено за результатами експертної оцінки вагомості комплексних та одиничних факторів виробничих ресурсів. Коефіцієнти вагомості визначались для факторів, що входять в дерево цілей. Коефіцієнт вагомості – кількісна характеристика степені значущості конкретного показника для оцінки якості [2]. Експертний метод заснований на усередненні оцінок вагомості. Метод оцінювання передбачав визначення експертами важливості показників якості шляхом бальної оцінки за 10-бальною шкалою. Найбільш важливим показникам присвоювався максимальна кількість балів.

Визначаються коефіцієнти вагомості кожного  $i$ -го фактору, визначені  $k$ -им екпертом, за формулою [2]

$$b_{ik} = \frac{M_{ik}}{\sum M_{ik}}, \quad (1)$$

де  $M_{ik}$  – номер вагомості  $i$ -го фактору певний  $k$ -им екпертом.

Потім розраховуються коефіцієнти вагомості факторів як середнє арифметичне коефіцієнтів вагомості, визначених експертами

$$b_i = \frac{\sum b_{ik}}{N}, \quad (2)$$



де  $N$  – число експертів.

Сума коефіцієнтів вагомості всіх факторів повинна дорівнювати одиниці.  $\sum b_i = 1$ . Результати розрахування коефіцієнтів вагомості факторів, що характеризують ознаки виробничих ресурсів, наведені в таблиці 1 і показані на діаграмах.

Після встановлення коефіцієнтів вагомості було визначено, що найбільш важливою та основоположною умовою якісного виконання робіт є наявність знаряддя та предметів праці: ремонтно-технологічного обладнання, оснастки, пристосувань, матеріалів та запасних частин (38%). Без відповідної інженерної підготовки (розробка та контроль технології, налагодження технологічного процесу, організація робочих місць та т.п.) матеріальна база має тільки потенціальну змогу реалізації технології, практично ж є складом обладнання, запасних частин та матеріалів. Інженерна підготовка сприяє перетворенню «сховища» в роботоздатну виробничу базу.

Докладання праці виконавців створює кінцевий продукт праці – відремонтовану машину. Між технологічною базою, інженерною підготовкою та робочою силою повинні бути раціональні співвідношення, або будь-які зміни в одному з елементів потребує змін в двох інших.

На структуру виробничого потенціалу впливають технологічна складність об'єкта, який ремонтується, та програма ремонту. При великих програмах зростає роль інженерної підготовки до технологічної бази та знижуються вимоги до кваліфікації робочої сили. Природньо, при ремонті найбільш складних виробів необхідно більш висока кваліфікація виконавців. Заходи по підвищенню рівня інженерної підготовки та робочої сили можуть взаємодіяти як весь технологічний процес ремонту машин та і на його окремі операції.

Показник забезпечення запасними частинами та матеріалами експерти поставили на друге місце в технологічній базі.

Організація праці виконавців в комплексному факторі інженерної підготовки виробництва поставлена на перше місце, так як від чіткості постачання та розпоряджень, вмілого маневрування трудовими та матеріальними ресурсами, від рівня нормування, оплати та самоорганізації праці залежить кількість та якість виробленої продукції.

В показнику інженерної підготовки виробництва на друге місце поставлена організація контролю та забезпечення стабільності технологічного процесу, яка включає до себе контроль справності обладнання, оснастки та інструмента, технологічних параметрів робочих рідин, контроль технологічного процесу та результату роботи виконавців.



Таблиця 1

Діаграми коефіцієнтів вагомості

Показник	Коефіцієнт вагомості	Діаграма коефіцієнтів вагомості показників
<b>1</b> Технологічна база	0,38	
<b>2</b> Інженерна підготовка виробництва	0,32	
<b>3</b> Робоча сила	0,3	
<b>1 Технологічна база</b>		
А Забезпеченість технологічним обладнанням	0,35	
Б Забезпеченість оснасткою та пристосуваннями	0,21	
В Забезпеченість контрольно-вимірвальними інструментами	0,2	
Г Забезпеченість запасними частинами, матеріалами	0,24	
<b>2 Інженерна підготовка виробництва</b>		
А Контроль і підтримання стабільності технологічного процесу	0,36	
Б Організація робочих місць виконавців	0,27	
В Організація праці виконавців	0,37	
<b>3 Рівень робочої сили</b>		
А Кваліфікація	0,31	
Б Відношення до роботи	0,31	
В Дисципліна праці і технології	0,38	





В комплексному показнику робочої сили на перше місце експерти поставили дисципліну праці та технології (38%), а кваліфікації та ставлення до виконуваної роботи дали однакові (31%) місця.

*Висновки.* Система якості потрібна для безперервного і постійного підвищення якості продукції, підвищення ефективності процесу виробництва продукції, зниження витрат виробництва, поліпшення системи управління підприємством, створення творчої, діяльної атмосфери.

Підвищення якості ремонту машин безпосередньо залежить від технології виконання ремонтних робіт, обладнання, що застосовується і кваліфікації персоналу, а також дієвості організаційних, економічних та соціологічних заходів. Для забезпечення якості необхідна наявність не тільки матеріальної бази і кваліфікованого персоналу, а й системного підходу, до питань управління якістю.

З метою дослідження факторів, що впливають на якість ремонту машин, за допомогою робочої групи експертів (спеціалістів технічного сервісу) було розроблено «дерево цілей» рівня виробничих ресурсів, розраховані коефіцієнти вагомості факторів, що характеризують ознаки виробничих ресурсів, розроблені діаграми.

#### Список використаних джерел

1. Дашивець Г. І., Паніна В. В. Дослідження факторів, що впливають на якість ремонту двигунів: *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2014. Вип. 4. Т. 1. С. 101-106.
2. Ефимов В. В. Улучшение качества продукции, процессов и ресурсов: учебн. пособие. Москва: КНОРУС, 2007. 223 с.
3. Криворучко О. М. Менеджмент якості на підприємствах автомобільного транспорту: теорія, методологія і практика. Монографія. Харків : ХНАДУ, 2006. 404 с.
4. Осовська Г. В., Фіщук О. Л., Жалінська І. В. Стратегічний менеджмент: теорія та практика. Київ : Кондор, 2003. 196 с.
5. Паніна В.В. Методика забезпечення вхідного контролю якості запасних частин. *Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК* : Матеріали міжнародної науково-практичної конференції за результатами досліджень 2016 р. Мелітополь : ТДАТУ, 2017. С. 86-87.
6. Ben–Daya M., Salih O. Duffuaa, Abdul Raouf. *Maintenance, Modeling and Optimization*. New York, Springer Science Business Media, 2000. 474 p.
7. Campbell J.D., Andrew K.S. Jardine. *Maintenance Excellence: Optimizing Equipment Life–Cycle Decisions Mechanical Engineering*. New York, Marcel Dekker Inc., 2001. 495 s.



8. Dhillon B.S. Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers. Taylor & Francis Group, LLC, 2006. 214 p.

9. Kobbacy K.A.H., D.N. Prabhakar Murthy. Complex System Maintenance Handbook. *Springer Series in Reliability Engineering*: London, Springer Verlag Limited, 2008. 657 p.

10. Nakagawa T. Maintenance Theory of Reliability. *Springer Series in Reliability Engineering*: London, Springer. Verlag Limited, 2005. 269 p.

Стаття надійшла до редакції 19.05.2021 р.

**H. Dashyvets, V. Panina, A. Bondar**  
**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

### **INFLUENCE OF THE LEVEL OF PRODUCTION RESOURCES ON THE QUALITY OF REPAIR OF MACHINES**

#### ***Summary***

The main goal is to study the factors of the level of production resources of the service enterprise that affect the quality of machine repair. The article discusses strategies for product and service quality management. The works of domestic and foreign scientists who studied the quality system are analyzed. The main directions of the complex system of the process of improving the quality of agricultural machinery are formulated. The "Goal Tree" was used to analyze the processes of the technical service enterprise and develop an action plan to increase the efficiency of its activities. The stages of the program-target approach are formulated. Complex factors of the level of production resources on which the quality of machine repair depends are revealed: technological base, engineering preparation of production, labor force. The ranking of all indicators was performed, based on the results of the expert assessment, the weighting factors for the factors included in the goal tree were determined. Diagrams of coefficients of weight of indicators are constructed. As a result, it was determined that the most important and fundamental condition for quality work is the availability of tools and objects of labor. In the first place in the technological base, experts put an indicator of the availability of technological equipment; organization of work of executors – in a complex factor of engineering preparation of production; labor discipline and technology – in a comprehensive indicator of the workforce. The considered factors allow to formulate the basic directions of increase of quality of repair, namely constant and continuous improvement of technological processes, increase of technical level of production and qualification of the personnel, development and application of new progressive methods of control and the analysis of quality of production, increase of culture of production, interest of workers.

**Key words:** quality management, "tree of aims", level of productive resources, expert estimation, coefficient of ponderability, diagram, technological base, engineering reproduction, labour force.



**Г.И. Дашивец, В.В. Панина, А.Н. Бондарь**  
**Таврический государственный агротехнологический университет**  
**имени Дмитрия Моторного**

**ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ  
НА КАЧЕСТВО РЕМОНТА МАШИН**

*Аннотация*

Основная цель – исследование факторов уровня производственных ресурсов сервисного предприятия, влияющих на качество ремонта машин. В статье для анализа процессов предприятия технического сервиса и разработки плана мероприятий по повышению эффективности его деятельности было использовано «дерево целей». Обнаруженные комплексные факторы уровня производственных ресурсов, от которых зависит качество ремонта машин. Выполнено ранжирование всех показателей, по результатам экспертной оценки были определены коэффициенты весомости для факторов, входящих в дерево целей. Построенные диаграммы коэффициентов весомости показателей. Рассмотрены факторы позволили сформулировать основные направления повышения качества ремонта.

**Ключевые слова:** управление качеством, «дерево целей», уровень производственных ресурсов, экспертная оценка, коэффициент весомости, диаграмма, технологическая база, инженерная подготовка производства, рабочая сила.



УДК 631.3:678

В. В. Аулін<sup>1</sup>, д.т.н.

ORCID 0000-0003-2737-120X

О. Д. Деркач<sup>2</sup>, к.т.н.,

ORCID 0000-0002-5537-8022

А. В. Гриньків<sup>1</sup>, к.т.н.,

ORCID 0000-0002-4478-1940

Д. О. Макаренко<sup>2</sup>, к.т.н.,

ORCID 0000-0002-3166-6249

<sup>1</sup>Центральноукраїнський національний технічний університет<sup>2</sup>Дніпровський державний аграрно-економічний університет

e-mail: flymakd@gmail.com

## ВИЗНАЧЕННЯ РОБОЧОЇ ТЕМПЕРАТУРИ КОМПОЗИТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РУХОМИХ З'ЄДНАНЬ В ЗОНІ ТЕРТЯ

**Анотація.** В статті сформульовано проблеми, пов'язані з розподіленням теплового потоку у трибоспряженнях сільськогосподарської техніки. Наведено основні напрямки впровадження полімерно-композитних матеріалів в конструкції машин і механізмів. Розглянуто протікання явища теплопровідності в полімерному підшипнику, що обертається на валу або в корпусі. Наведено рівняння для визначення розподілення теплоти у вигляді теплового потоку та вираз для визначення теплового потоку, що надходить у зовнішнє середовище через підшипник і вал. Результати випробувань експериментального підшипника підтвердили працездатність запропонованого типу рухомих спряжень «полімерний композит-сталь». Запропоновані рівняння для визначення температури в зоні тертя при взаємодії полімерно-композитних матеріалів зі сталлю дозволяють обґрунтувати допуски та посадки вказаних елементів рухомих з'єднань.

**Ключові слова:** рухомі з'єднання, температура, полімерно-композитні матеріали, трибоспряження, полімерний композит-сталь.

**Постановка проблеми.** Сьогодні перед виробниками с.-г. техніки постають питання не тільки підвищення технічного рівня машин, але і питання економічного характеру. Впровадження полімерно-композитних матеріалів (ПКМ) у конструкції сільськогосподарських машин обґрунтовується у першу чергу за критеріями економічними, а вже потім фізико-механічними, логістичними. Також важливу роль відіграє і залежність виробника с.-г. техніки від постачальника ПКМ. Тому, вибір конкретної марки ПКМ для використання у конструкції певних с.-г. машин є завданням суттєвого підвищення технічного рівня



і економічної безпеки виробництва, що є актуальним в сучасних мінливих умовах міжнародної співпраці [1-3].

В конструкціях сучасних посівних машин використовуються ПКМ для виготовлення бункерів, насіннєпроводів, бандажів опорних та прикочуючих коліс, котушок дозуючих механізмів та ін. В залежності від призначення деталей, вони виготовляються з різних матеріалів [4].

Відомо, що на теперішньому рівні технічного розвитку жоден вітчизняний (зокрема, ПАТ «Ельворті») та зарубіжні виробники високотехнологічних сільськогосподарських машин (John Deere, Gaspardo, Kinze) не застосовували принцип необслуговування рухомих з'єднань. При цьому виробничі втрати від недовикористання техніки зростають за рахунок її простоювання в сервісі під час польових робіт. Простоті техніки, викликані усуненням відмов або проведенням ТО, призводить до затягування агротехнічних термінів проведення технологічних операцій, зокрема підготовки ґрунту та сівби, внаслідок чого втрачається врожай [5-7].

Одним з напрямків підвищення довговічності трибоспряджень машин і механізмів є впровадження ПКМ з адаптованими властивостями. Властивості таких матеріалів можна змінювати в широкому діапазоні за рахунок зміни концентрації різноманітних наповнювачів.

*Аналіз останніх досліджень.* Вирішити завдання підвищення надійності рухомих з'єднань і, як результат сільськогосподарських машин взагалі, можна шляхом впровадження у їх рухомі спряження деталей з ПКМ конструкційного призначення [8,9]. Детально обґрунтовано параметри деталей комбайнів, виготовлених з ПКМ, при взаємодії зі сталлями, з врахуванням навантаження, лінійної швидкості ковзання та шорсткості поверхонь [10]. Відомий позитивний досвід впровадження ПКМ в трибоспрядження механізму копіювання посівного комплексу Агро-Союз Turbosem II 19-60 [11,12]. У вказаних наукових працях детально розглянуто властивості, характеристики ПКМ та їх адаптація до конкретних умов роботи для забезпечення міцнісних вимог конструкцій та підвищення довговічності машин і механізмів. В деяких конструкціях рухомих з'єднань в якості підшипників ковзання використовують матеріали на основі деревини [13,14]. Використання таких матеріалів обмежене вузькою сферою їх застосування за рахунок незначного діапазону режимів експлуатації. В більшості випадків їх використовують, як опорні підшипники ковзання механізму сепарації зернозбиральних комбайнів, проміжних опорах шнекових транспортерів та ін.

Досліджено процеси розподілу контактного напруження, що виникає в зоні контакту при статичному навантаженні [15-17].

Уточнені методи рішення контактної задачі з врахуванням сил тертя та за дії зсувного навантаження розглянуто в наукових працях [18,19].

В наведеній вище науковій літературі недостатньо висвітлені питання обґрунтування температурних режимів ПКМ в спряженнях із металами. Основною причиною втрати працездатності ПКМ неметалевого походження є їх надмірне нагрівання в процесі тертя, і як результат втрата форми. Це призводить до збільшення ударних навантажень, і в подальшому до руйнування вказаних деталей. Тому, визначення температурного режиму роботи деталей з ПКМ є актуальним завданням сьогодення.

*Формулювання цілей статті.* Визначення температурного діапазону роботи трибоспряження типу «полімерний композит-сталь» в залежності від зміщень, деформацій та напружень, що виникають під час експлуатації.

*Основна частина.* Нагрівання підшипника відбувається за рахунок процесу тертя в зоні контакту при обертанні навколо валу. Розглянемо протікання явища теплопровідності в полімерному підшипнику, що обертається на валу або в корпусі. Рішення задачі пов'язане з необхідністю за початковими параметрами (розміри підшипника, пружні постійні, коефіцієнти тертя та ін.) при заданому зовнішньому навантаженні і частоті обертання валу визначити температуру в області контакту «валу – вкладиш» або «вкладиш – корпус» для порівняння її з допустимою. Дослідження температурного поля в полімерному підшипнику дозволяє розрахувати зміну її зовнішнього і внутрішнього діаметру, тобто передбачити температурні компенсації за оптимальних значень зазору і натягу в з'єднаннях «вал – вкладиш» або «вкладиш – корпус». Нехай маємо полімерний вкладиш з внутрішнім радіусом  $R_1$  і зовнішнім  $R_2$ . Зовнішній радіус металевої втулки  $R_3$ . Довжина підшипника  $l$ . В підшипник встановлений металевий вал довжиною  $L$  причому  $L > l$  (рис. 1, 2).

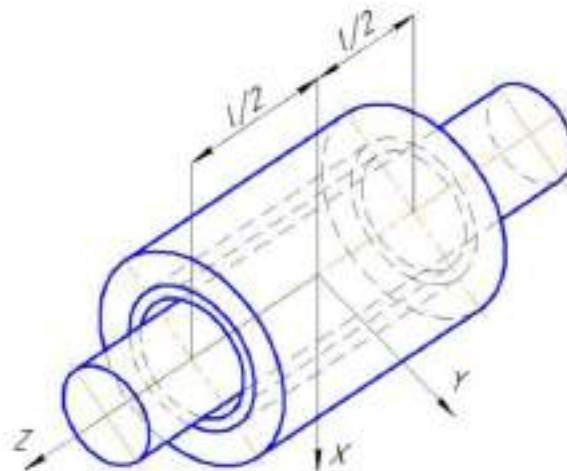


Рисунок 1. Схема для розрахунку температури в зоні третя



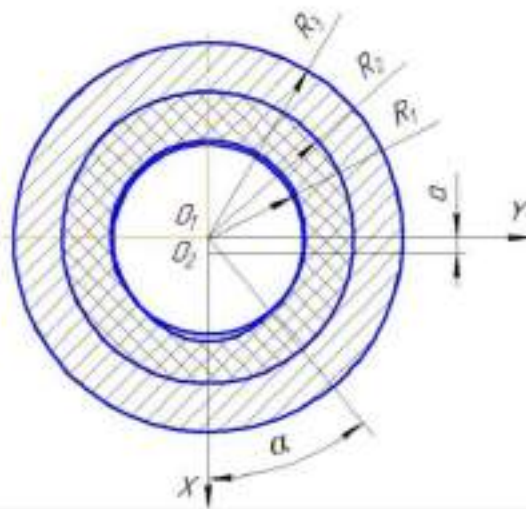


Рисунок 2. Схема контакту «вал-вкладиш»

Під дією статичного навантаження  $P$  відбувається впровадження валу з утворенням кута  $\alpha$  контакту (рис. 2).

Розподіл контактного напруження можна представити у вигляді:

$$\sigma_{rr} = (P \cdot (R_1 \cdot l) \cdot (\alpha \cos \alpha \sin \alpha))^{-1} \cdot F(\varphi), \quad (1)$$

де:

$$F(\varphi) = \begin{cases} \cos \varphi - \cos \alpha, & \text{при } (\varphi) \leq \alpha; \\ 0, & \text{при } (\varphi) \geq \alpha. \end{cases} \quad (2)$$

$\varphi$  – координата в системі полярних координат  $r$ -  $\varphi$ ;

$\alpha$  – кут напівохоплення, тобто половина кута трибологічного контакту в спряженні деталей підшипника.

Нагрівання підшипника відбувається за рахунок процесу тертя в зоні контакту при обертанні навколо валу. Розподіл теплоти  $q$  на поверхні контакту у вигляді теплового потоку в одиницю часу з одиниці площі контакту дорівнює:

$$q = \Omega \nu \sigma_{rr} f_{\text{тр}} \quad (3)$$

де:  $\Omega = (1787.8)^{-1}$  Дж/Г;  $\nu$  – швидкість ковзання валу в підшипнику;  $f_{\text{тр}}$  – коефіцієнт тертя (з експерименту);  $\sigma_{rr}$  – контактне напруження.

Частина теплоти що виділяється тепловими джерелами (зоною тертя), передається в зовнішнє середовище через підшипник, інша частина – через вал. Тепловий потік, що надходить у зовнішнє середовище через підшипник і вал визначається за виразом:

$$q_{\text{п}} = \beta_{\text{п}} \cdot \Gamma \cdot F(\varphi); \quad q_{\text{в}} = (1 - \beta_{\text{п}}) \cdot \Gamma \cdot F_1(\varphi). \quad (4)$$

де  $\Gamma = \frac{(\Omega \cdot \nu \cdot f_{\text{тр}} \cdot P)}{(R_1 \cdot l (\alpha - \cos \alpha \sin \alpha))}$ ;  $\beta_{\text{п}}$  – коефіцієнт розділення теплоти

його значення визначається залежно від  $k_0$  при різних відношенні поверхонь тепловіддачі підшипника  $F_{\text{п}}$  та  $F_{\text{в}}$  знаходять по [9-12].

Для визначення температури в довільній точці підшипника необхідно розв'язати рівняння теплопровідності. При цьому можна

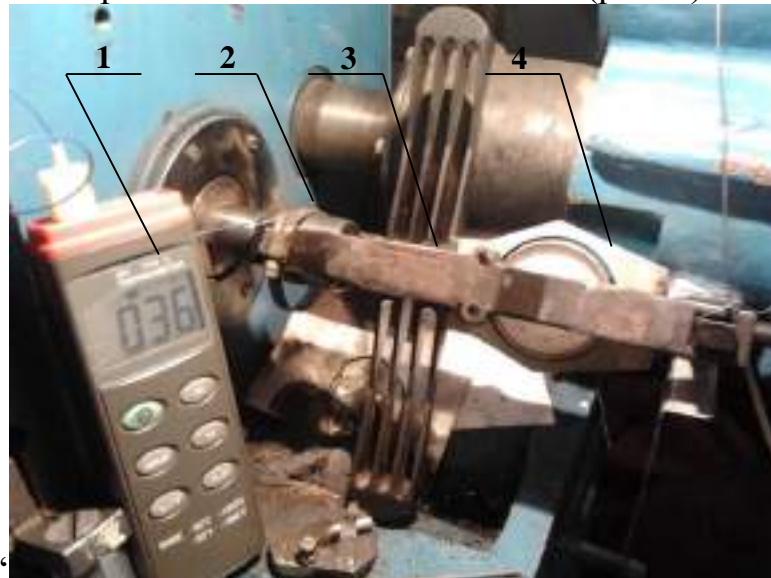
прийняти, що тепловий потік в осьовому напрямі підшипника відсутній внаслідок малої площі його торцевих поверхонь. Вважаємо, що розподіл температури не залежить від координати  $Z$ . Через те, що товщина металевої втулки (корпус) і полімерного підшипника одного порядку, то в першому наближенні температура корпусу в кожній точці постійна і співпадає з температурою зовнішньою поверхнею підшипника:

$$t^{(1)} = \beta_{\text{П}} \cdot q_{\text{П}} \cdot R_1 \cdot \left( \frac{1}{\lambda^{(1)}} \ln \frac{R_2}{r} + \frac{1}{\eta \cdot R_3} \right) \quad (5)$$

На підставі приведених формул для розрахунку температури в зоні тертя (1-5), можна визначати температурний режим роботи спряження «полімерний композит-сталь» в залежності від зміщень, деформацій та напружень, що виникають під час роботи. Це дозволить передбачати температурні компенсації та використовувати їх при обґрунтуванні допусків та посадок елементів рухомих спряжень виготовлених з композитних матеріалів неметалевого походження.

Виконані стендові дослідження роботи експериментального підшипника прикочуючого колеса сівалки, в якому застосовано трибоспряження типу «полімерний композит-сталь».

Дослідження виконано на машині тертя СМТ-1 з використанням допоміжного устаткування та пристосувань: термопари К-301, динамометр еталонний, індикатор годинникового типу, спеціальне оснащення для створення осьового навантаження (рис. 3).



1 – термопара К-301; 2 – експериментальний підшипник; 3 – спеціальне оснащення для створення осьового навантаження; 4 – динамометр еталонний

Рисунок 3. Випробування підшипника на машині тертя СМТ-1 з використанням додаткового обладнання



Режими дослідження: частота обертання –  $250 \text{ хв}^{-1}$  (еквівалент швидкості МТА: для прикочуючого колеса діаметром 160 мм 8...9 км/год); навантаження осьове – 200 Н; навантаження радіальне – 250 Н; тривалість одного дослідження – 40 хв; кількість повторювань – 3.

Після кожного дослідження, підшипник охолоджувався до температури  $20^\circ\text{C}$ . Остаточний результат визначався як середнє арифметичне на основі результатів 3-х повторювань. Найбільша температура в зоні тертя становила  $86^\circ\text{C}$  (у процесі припрацювання, ). Середня температура в околі тертя знаходилась в межах  $48\text{-}52^\circ\text{C}$ . Розрахункові значення температури відповідно до приведених рівнянь –  $56^\circ\text{C}$ .

*Висновки.* Встановлено, що зростання температури в залежності від тривалості експлуатації підшипника не відбувається. Фізико-механічні властивості матеріалу підшипника у процесі експлуатації залишаються сталими, тріщин або «схоплювання» матеріалу зі сталлю не зафіксовано. Зміни геометричних параметрів деталей експериментального підшипника не виявлено. За примусового введення природного абразиву в зону тертя (висушений та подрібнений ґрунт) характер тертя не змінився. Під час випробування сторонніх шумів чи вібрацій не зафіксовано.

Отримані результати свідчать про доцільність використання трибоспрязень типу «полімерний композит-сталь». Розроблені рівняння для визначення температури в зоні тертя трибоспрязень «полімерно-композитний матеріал – сталь», дозволяють обґрунтувати допуски та посадки елементів рухомих спрязень.

#### Список використаних джерел

1. Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. №1(19). Pp. 7–12.

2. Serebryakova N., Podashevskaya H. Selection of optimal modes of heat treatment of grain. 2020. Pp. 20-24.

3. Sklar R. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Rome. 2021. Pp. 171-176.

4. Zhuravel D., Boltianska N. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference*. Athens. 2021. Pp. 231-233.

5. Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research: The XIV International scientific-practical conference*. Bilbao. 2020. Pp. 431-433.

6. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of*



XIII International Scientific and Practical Conference. Bordeaux. 2020. Pp. 478-480.

7. Manita I., Podashevskaya N. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. 2020. №2(16). Pp. 33–37.

8. Деркач О.Д., Буря О.І. Підвищення технічного рівня електро-, автомобільного транспорту та сільськогосподарської техніки за рахунок використання нових матеріалів. Наукові рекомендації: Дніпропетровськ: ДДАУ. 2011. 71 с.

9. Кузнецова О.Ю. Розробка фулеренвмісних композитних матеріалів на основі фенілону для деталей конструкційного призначення: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.02.01 / Луцький національний технічний університет, 2013. 23 с.

10. Деркач О.Д. Обґрунтування параметрів обертових елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. Тернопіль, 2006. 20 с.

11. Деркач А.Д., Науменко Н.Н., Макаренко Д.А. Применение углепластиков в широкозахватных посевных машинах. *Mechanization in agriculture. International scientific, scientific applied and informational journal*. Year LXI, 2/2015, Sofia. 2015. P. 3-6.

12. Макаренко Д.О. Підвищення довговічності паралелограмного механізму посівних комплексів зміною конструкції рухомих з'єднань: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2018. 20 с.

13. Невзорова А. Б., Врублевская В. И., Дашковский В. А. Использование самосмазывающихся подшипников скольжения на основе прессованной древесины в узлах трения сельскохозяйственной техники. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2009. Вип. 39. С. 332-336.

14. Врублевский В.Б., Дашковский В.А., Макеев В.В., Матусевич В.О. Увеличение ресурса работы узлов трения в промежуточных опорах шнековых транспортеров. *Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин*. Новополюк. 2007. С. 129-133.

15. Истихин С.В., Кувшинова О.А., Истихин А.С. Определение допустимых величин посадок неподвижных соединений и пространственно-геометрических отклонений осей деталей при восстановлении подшипниковых соединений полимерными композициями. *Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы*: материалы Межд. научно-практ. конф. Саранск. 2018. С. 291-296



16. Босаков, С. В. Метод Ритца в контактных задачах теории упругости: монография. Брест: БрГТУ, 2006. с. 107.

17. Божкова, Л. В., Рябов, В. Г., & Норицина, Г. И. Смешанная плоская задача теории упругости для двухслойной кольцевой области. *Известия Московского государственного технического университета МАМИ*. 2011. Вип. 1. С. 217-221.

18. Божкова Л.В., Норицина Г.И., & Рябов В.Г. Уточненный метод решения контактной задачи для кольцевого слоя с учетом сил трения. Решение функциональных уравнений, определяющих математическую модель контактной задачи. *Известия Московского государственного технического университета МАМИ*. 2014. Вип. 4 (3 (21)). С 5-9.

19. Скородинський, І.С. Аналіз деформування кусково-однорідного тіла з в'язкопружним проміжним шаром за дії зсувного навантаження. *Приклад. пробл. механіки і математики*. 2008. Вип. 6. С. 175-182.

Стаття надійшла до редакції 20.05.2021 р.

V. Aulin<sup>1</sup>, O. Derkach<sup>2</sup>, A. Hrynkiv<sup>1</sup>, D. Makarenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Central Ukrainian National Technical University

<sup>2</sup>Dnipro State Agrarian and Economic University

## DETERMINATION OF THE OPERATING TEMPERATURE OF COMPOSITE ELEMENTS OF MOVABLE JOINTS IN THE FRICTION ZONE

### Summary

The article formulates the problems associated with increasing the durability of agricultural machinery. It is proposed to implement in mobile joints tribo-mated parts type "polymer composite-steel". The main directions of introduction of polymer-composite materials in the design of machines and mechanisms are given. The course of the phenomenon of thermal conductivity in a polymer bearing rotating on a shaft or in a housing is considered. The equation for determining the heat distribution in the form of heat flux is given. The equation for determining the heat flux entering the environment through the bearing and shaft is proposed. It is assumed that the temperature of the housing at each point is constant and coincides with the temperature of the outer surface of the bearing. Determination of the temperature field in the polymer bearing allows to calculate the change in its outer and inner diameter, ie to provide temperature compensation at optimal values of clearance and tension in the connections "shaft - liner" or "liner - housing".

It was found that the highest temperature in the friction zone was 86 ° C (running-in process). The average temperature zone the friction was in the range of 48-52 ° C. Estimated values of temperature in accordance with the above equations - 56 ° C. It was found that the temperature does not increase depending on the work time of the bearing. Changes in the physical and mechanical properties of the bearing material not detected. No changes in the geometrical parameters of the experimental parts were detected. At forced introduction of natural abrasive in a friction zone the character of friction didn't change. The results of research of the experimental bearing indicate the feasibility of





using tribo-mated parts types "polymer composite-steel" in the constructions of machines and mechanisms. The proposed equations for determining the temperature in the friction zone during the interaction of PCM with steel allow to substantiate the tolerances and landings of the elements of mobile joints made of PCM.

**Key words:** movable joints, temperature, polymer-composite materials, tribo-mated parts, polymer composite-steel.

**В.В. Аулин<sup>1</sup>, А.Д. Деркач<sup>2</sup>, А.В. Грынькив<sup>1</sup>, Д.А. Макаренко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Центральноукраїнський національний технічний університет

<sup>2</sup>Дніпровський державний аграрно-економічний університет

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ КОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЗОНЕ ТРЕНИЯ**

### *Аннотация*

В статье сформулированы проблемы, связанные с повышением долговечности сельскохозяйственной техники. Приведены основные направления внедрения полимерно-композиционных материалов в конструкции машин и механизмов. Приведены уравнения для определения распределения теплоты в виде теплового потока и выражение для определения теплового потока, поступающего во внешнюю среду через подшипник и вал. Результаты испытаний экспериментального подшипника подтвердили работоспособность предложенного типа подвижных сопряжений «полимерный композит-сталь». Предложенные уравнения для определения температуры в зоне трения при взаимодействии полимерно-композитных материалов со сталью позволяют обосновать допуски и посадки указанных элементов подвижных соединений.

**Ключевые слова:** подвижные соединения, температура, полимерно-композиционные материалы, трибосопряженные детали, полимерный композит-сталь.





УДК 631.6

Л. Ю. Бондаренко, к.т.н.

ORCID 0000-0001-5858-7375

Д. О. Філіпов, аспірант

С. Л. Сушко

ORCID 0000-0002-2933-2573

Ю. О. Дмитрієв

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

e-mail: larysa.bondarenko@tsatu.edu.ua, тел:098-846-00-56

## ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІН ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КРОНИ ДЕРЕВ ЯБЛУНІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СИСТЕМИ МІКРОЗРОШЕННЯ

**Анотація.** В статті наведено результати досліджень зміни біометричних показників за віком дерев яблуні. Встановлено, що за літньої вегетації дерев спостерігаються ґрунтові й повітряні посухи та суховії. Тому істотне місце в технології вирощування плодкових культур займає зрошення плодкових насаджень системами дрібнодисперсного дощування з урахуванням форми крони дерев. В сучасних яблуневих садах найчастіше формують такі крони: вільноростучий кущ, струнке веретено, французька вісь та сплосчений кущ. Аналіз динаміки зміни архітекtonіки крони дерев для трьох сортів яблуні: Айдаред, Голден Делішес, Ренет Симиренка дозволив встановити, що при спостереженні зміни площі проекції крони яблуні за віком найбільший вплив має вік, а потім сортові ознаки; при зміні об'єму крони за віком та при зміні площі листової поверхні крони за віком найбільший вплив має вік, потім сорт, а також в окремі роки система формування крони.

**Ключові слова:** дрібнодисперсне дощування, плодіві культури, крона дерева, графіки залежності, сортові ознаки.

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі створення новітніх технологій надкroнового дрібнодисперсного дощування плодкових насаджень необхідним є отримання інформації про зміни архітекtonіки крони дерев за віком, площі листової поверхні крони і інтенсивність її змочування, а обґрунтування рішень щодо оптимального складу системи надкroнового дощування є актуальним науково-виробничим завданням. За літньої вегетації дерев (переважно у липні-серпні) спостерігаються ґрунтові й повітряні посухи та суховії. Такі метеорологічні умови призводять до стресів рослин у різні періоди їх



росту і розвитку, а особливо під час формування та закладання майбутнього урожаю.

Це призводить до зменшення врожаю до 30% та низької якості плодів. Тому істотне місце в технології вирощування плодових культур у ґрунтово-кліматичній зоні «Південний степ» України слід відводити зрошенню плодових насаджень системами надкоронового дрібнодисперсного дощування.

*Аналіз останніх досліджень.* Одним з поширених способів зрошення, що сприяє поліпшенню мікрокліматичних умов для росту плодових дерев є дрібнодисперсне дощування. Дослідженнями [1-6] встановлено, що в спекотну погоду для запобігання теплового стресу плодових культур доцільно проводити освіжні поливи інтенсивністю 2 мм/год у переривчастому режимі. У південній частині Канади [6], що має сухий і жаркий клімат, проводилися експерименти по охолодженню сільськогосподарських культур шляхом зволоження диспергаторами з інтенсивністю дощу 1,27 мм/год.

Дрібнодисперсне зрошення в багатьох випадках ще можна сполучати з підживленням мінеральними добривами (фертигацією) і обприскуванням ядохімікатами (пестигацією), що супроводжується скороченням витрат енергоресурсів і ручної праці [7-11].

Аналітичний огляд літературних джерел показав, що конструкція стаціонарної системи автоматизованого багатофункціонального зрошення плодових культур з використанням дрібнодисперсних дощувачів для короткочасних поливів кілька разів у день не розроблена [1,3,12-16].

Аналіз науково-технічної літератури дозволяє зробити висновок, що на сьогодні недостатньо вивчені способи й системи надкоронового дрібнодисперсного дощування плодових дерев, ефективність змочування листків крони дерев при дощуванні у зв'язку з їх архітектонікою, що залежить від віку дерев.

*Формулювання мети статті.* Встановити залежність показника насиченості крони дерев яблуні листовою поверхнею від віку дерев.

*Основна частина.* За даними багатьох джерел розмір та структура крон дерев є важливими факторами, що визначають урожай та якість плодів, а при зрошенні тільки крони дерева впливатимуть на технологію зрошення. Тому необхідно встановити залежності зміни біометричних показників за віком дерев. Крона має свої біометричні показники, які залежать від плодової культури, схеми садіння, сорту, системи формування крони, віку.

Тому для тривалості повного змочування крони дерева визначені: зміни площі проекції крони; об'єму крони, площі листової поверхні з віком дерев в залежності від сорту, схеми садіння та способи



формування крони. Проведемо аналіз динаміки зміни архітектоніки крони дерев яблуні за такими параметрами:

- 1) зміни площі проекції крони дерев;
- 2) зміни площі об'єму крони дерев;
- 3) зміни площі листової поверхні крони дерев.

В сучасних яблуневих садах найчастіше формують веретеноподібні крони з невеликим об'ємом: 2-3 м<sup>3</sup> – супер-веретено та 3-5 м<sup>3</sup> – веретено, французька вісь, струнке веретено. Веретеноподібні крони формують переважно у цінних скороплідних сортів яблуні (Джонаголд, Голден Делішес, Гала, Ельстар, Глостер та ін.) на карликових і напівкарликових підщепах. На регулювання сили росту і обмеження обсягів крон витрачається надто багато праці. Тому веретеноподібні крони в садах з високою щільністю дерев формують у сортів виключно на слаборослих підщепах, застосовуючи шпалери чи індивідуальні опори.

Методикою досліджень було передбачено встановлення залежностей насиченості крони дерев яблуні листовою поверхнею від віку дерев. Для чого необхідно знати зміни площі проекції крони дерев. Дослідження проводили для крони дерев яблуні: вільноростучий кущ, струнке веретено, французька вісь (пілар) та сплосчений кущ (італійська пальметта). При цьому були відібрані такі сорти яблуні: Айдаред, Голден Делішес, Ренет Симиренка.

Залежності вікових змін площі проекції крони дерев даних сортів від форми крони наведені на рисунках 1-3.

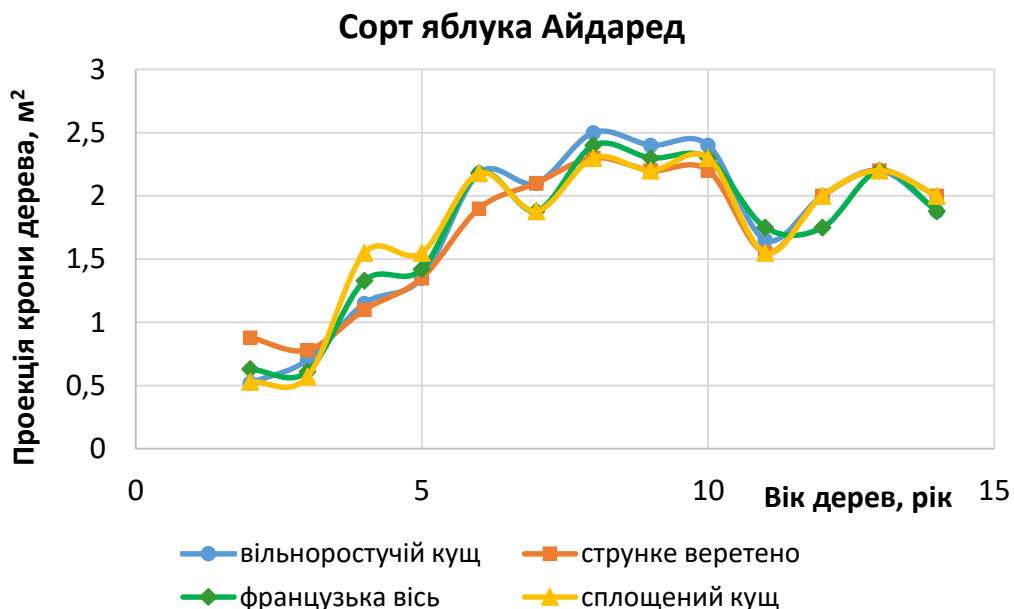


Рисунок 1. Вікові зміни проекції площі крони яблуні сорту Айдаред в залежності від форми крони.



### Сорт яблука Голден Делішес

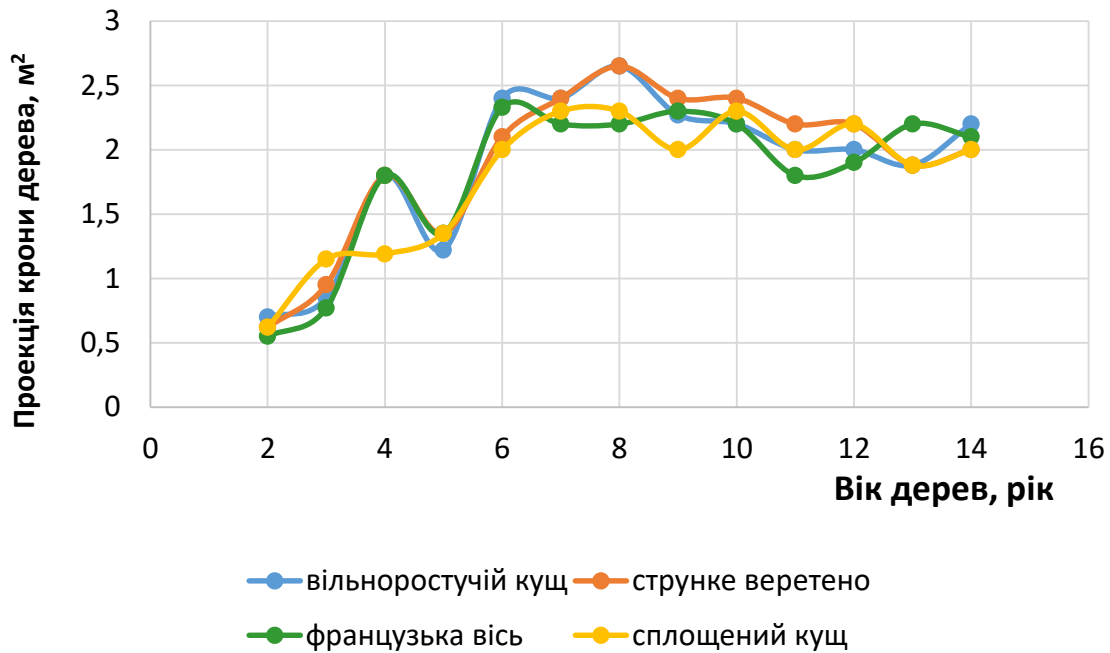


Рисунок 2. Вікові зміни проекції площі крони яблуні сорту Голден Делішес в залежності від форми крони.

### Сорт яблука Ренет Симиренка

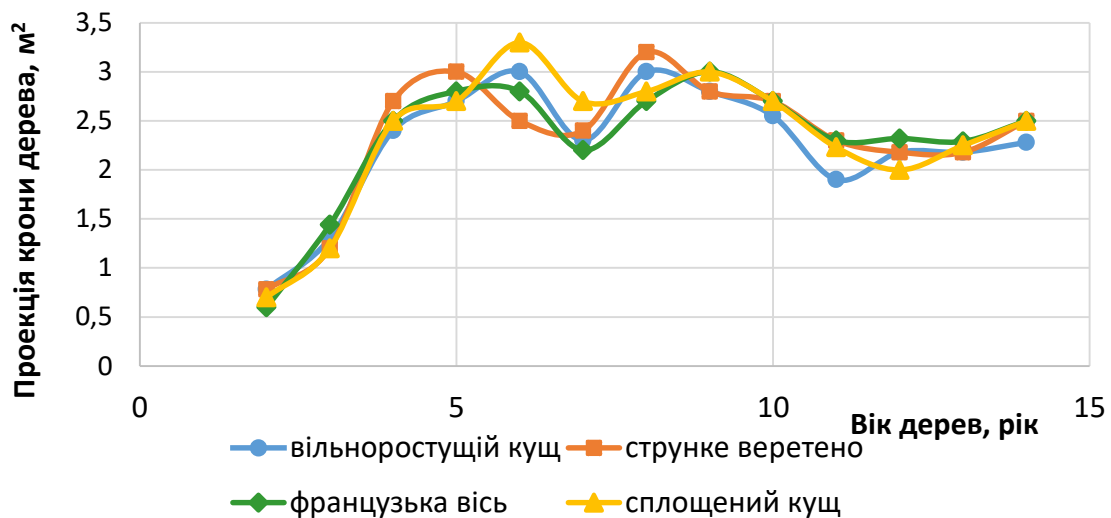


Рисунок 3. Вікові зміни проекції площі крони яблуні сорту Ренет Симиренка в залежності від форми крони

Аналізуючи графіки динаміки площі проекції крони яблуні за віком по трьох сортах при чотирьох різних системах формування крони встановлено, що на зміну площі проекції найбільше впливає вік, а потім сортові ознаки.

Спосіб формування крони не є впливовим фактором. Тривалість процесу змочування листової поверхні крони плодкових дерев залежить



від такого біометричного показника, як об'єм крони, а вона з віком змінюється. Тому, виникає необхідність встановлення динаміки зміни об'єму крони в залежності від віку дерева. Залежності зміни об'єму крони дерев сорту Айдаред від форми крони наведені на рисунках 4-6.

### Сорт яблуні Айдаред

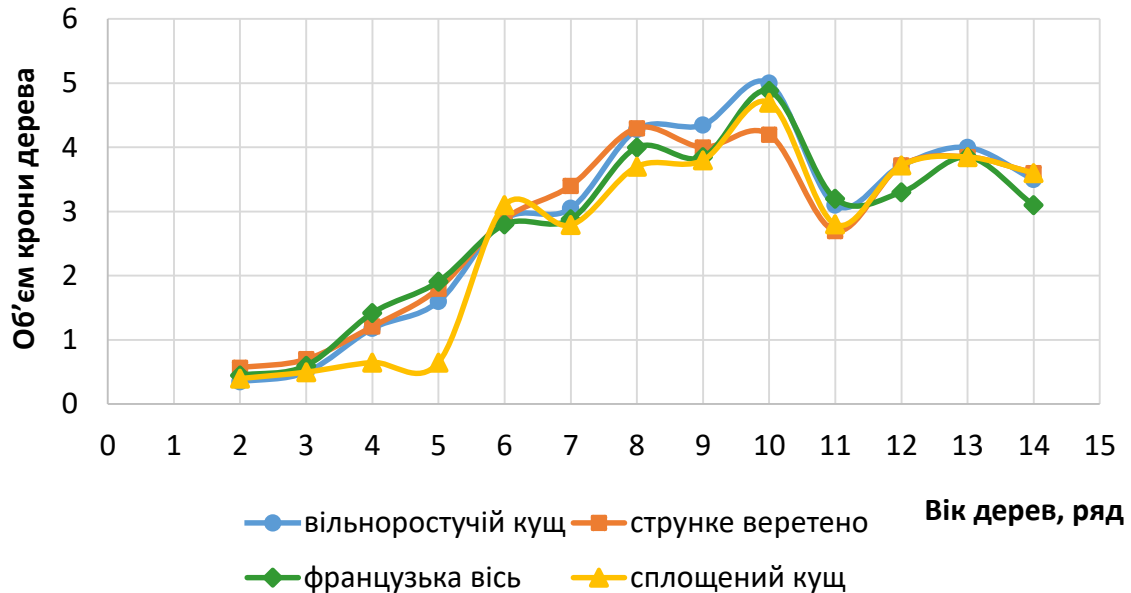


Рисунок 4. Вікові зміни об'єму крони яблуні сорту Айдаред в залежності від форми крони.

### Сорт яблука Голден Делішес

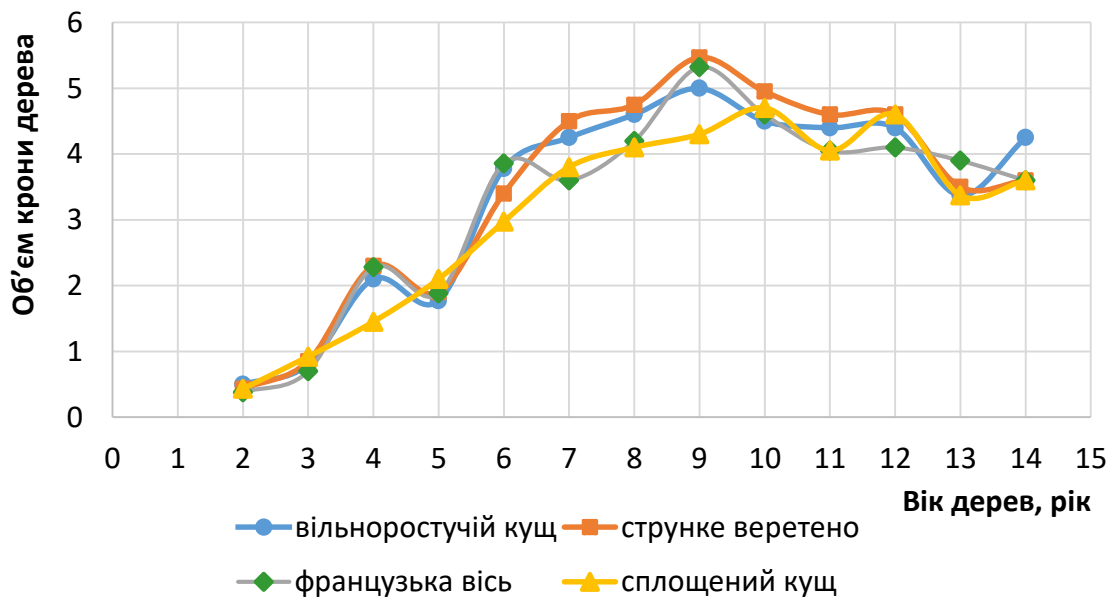


Рисунок 5. Вікові зміни об'єму крони яблуні сорту Голден Делішес в залежності від форми крони.

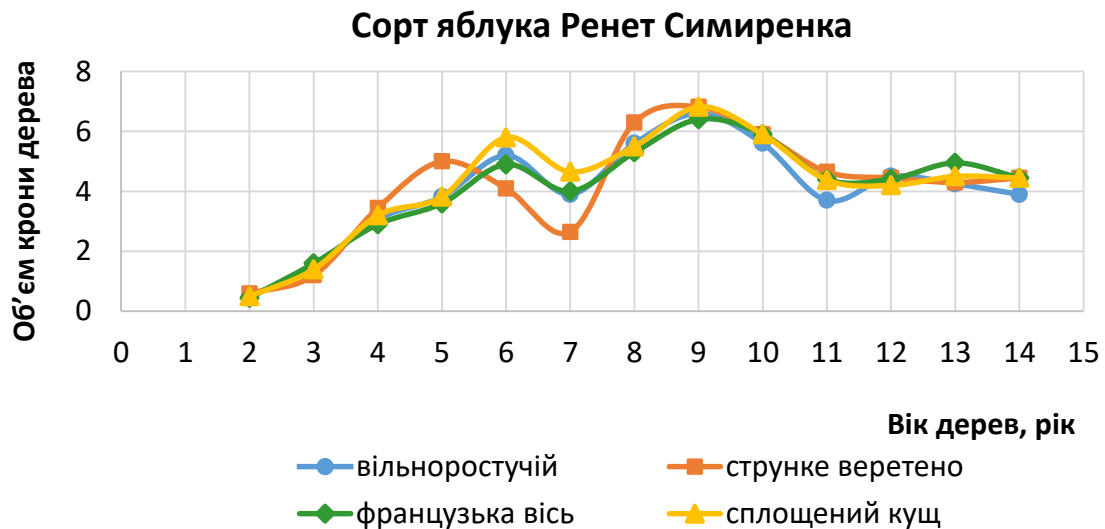


Рисунок 6. Вікові зміни об'єму крони яблуні сорту Ренет Симиренка в залежності від форми крони

Аналізуючи графіки зміни об'єму крони з віком по трьох сортах при чотирьох різних системах формування крони встановлено, що на зміну об'єму найбільше впливає вік, потім сорт, а системах формування крони к кінцю вегетації нівелюється і приймає сортові ознаки. Відхилення від плавної зміни площі проекції та об'єму крони в деякі роки пов'язане з впливом умов навколишнього середовища та чуттєвістю дерев до цього впливу.

Залежності зміни площі листової поверхні крони дерев від форми крони наведені на рисунку 7-9.

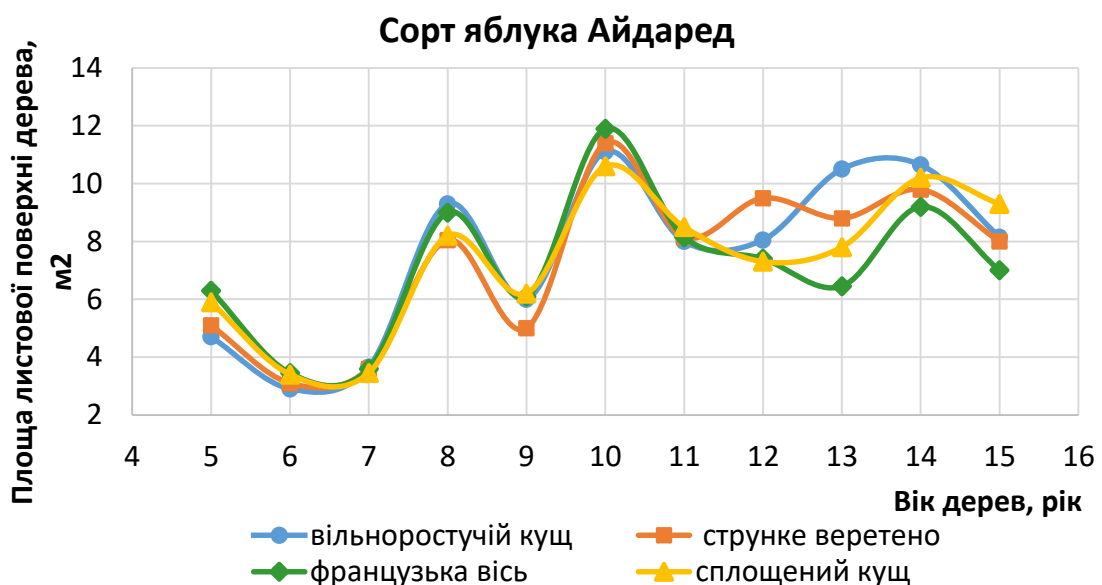


Рисунок 7. Вікові зміни площі листової поверхні яблуні сорта Айдаред в залежності від форми крони.



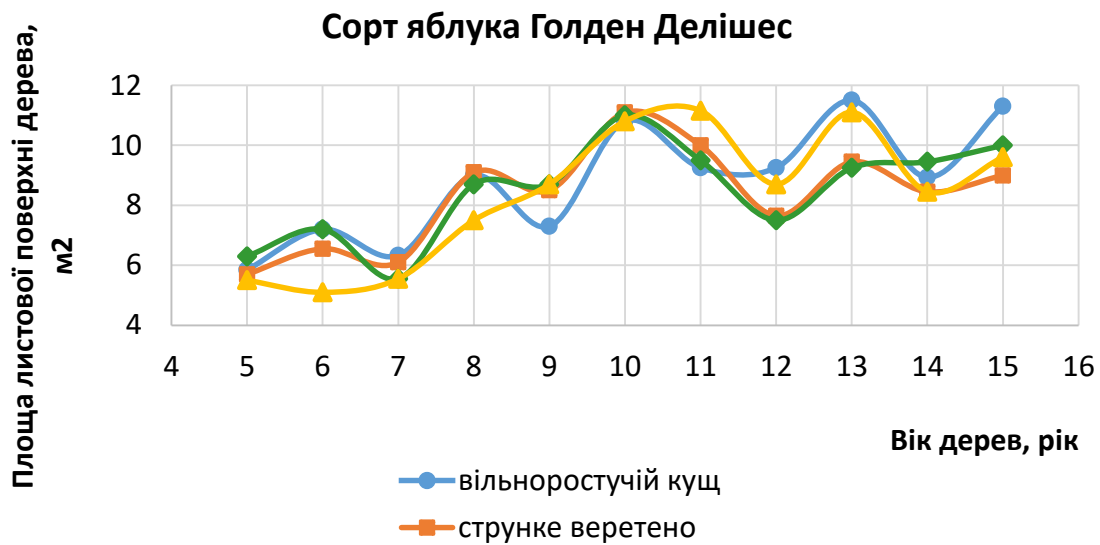


Рисунок 8. Вікові зміни площі листової поверхні яблуні сорта Голден Делішес в залежності від форми крони.

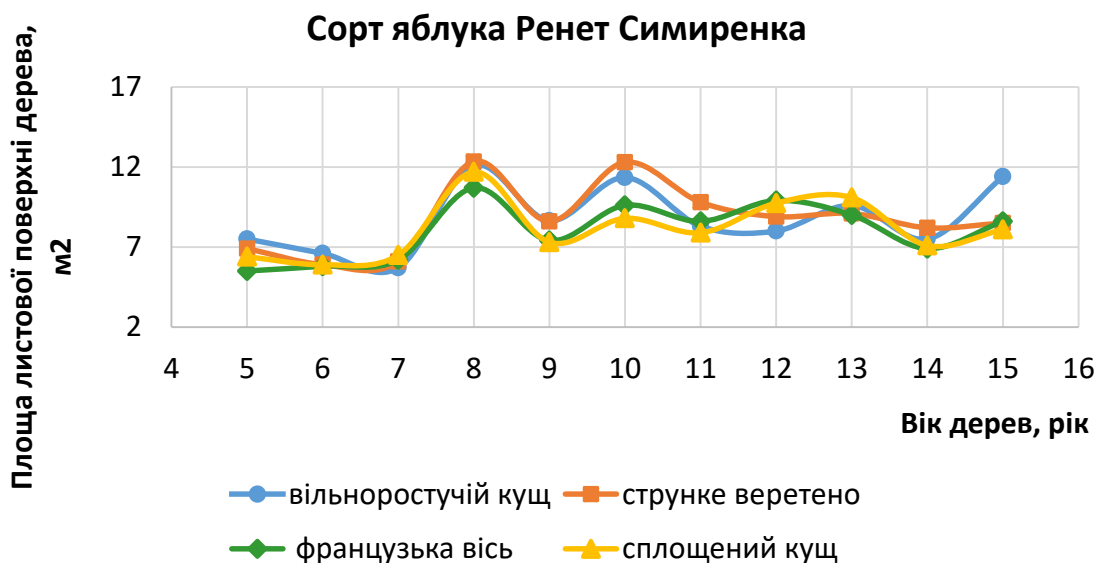


Рисунок 9. Вікові зміни площі листової поверхні яблуні сорта Ренет симиренка в залежності від форми крони.

При зрошенні тільки листової поверхні крони дерева кількість води, а з нею тривалість процесу змочування залежать від площі листової поверхні крони дерева. Тому, виникає необхідність встановлення динаміки зміни площі листової поверхні крони дерева в залежності від віку дерева.

Із аналізу графіків динаміки зміни площі листової поверхні крони за віком по трьох сортах при чотирьох різних системах формування



крони встановлено, що на зміну площі листової поверхні найбільше впливає вік, потім сорт, а також в окремі роки система формування крони. Таким чином, дослідженнями були встановлені залежності зміни біометричних показників з віком, які впливають на тривалість часу повного змочування листової поверхні крони дерева.

*Висновки.* Встановлено вікові зміни площі проекції, об'єму крони, площі листової поверхні дерев яблуні в залежності від сорту, схеми садіння, систем формування крони. Ці показники застосовано при розрахунку тривалості повного змочування крони дерев яблуні.

#### Список використаних джерел

1. YingXin MinZhang BaoguoXu BenuAdhikar bJincaiSunc Research trends in selected blanching pretreatments and quick freezing technologies as applied in fruits and vegetables: A review Synthèse des tendances de la recherche concernant des prétraitements de blanchiment sélectionnés et des technologies de surgélation appliquées aux fruits et légumes. *International Journal of Refrigeration*. Vol. 57, Pages 11-25.
2. Odyntsova V., Sushko S., Bondarenko L., Scherbakova N. Application of phenoclimatographic models in stone fruits protecting from spring frosts. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 267-280
3. Fayazbakhsh M.A., Bagheri F., Bahrami M. Real-time thermal load calculation by automatic estimation of convection coefficients. *International Journal of Refrigeration*. Vol. 57, 2015, Pages 229-238
4. Linshan Li, Ronald B. Pegg, Ronald R. Eitenmiller, Ji-Yeon Chun, Kerrihard Adrian L. Selected nutrient analyses of fresh, fresh-stored, and frozen fruits and vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*. Vol. 59, June 2017, Pages 8-17
5. Comparison of Hydrus-2D simulation of drip irrigation with experimental observations / T.H.Skaggs, T.J. Trout, J.Simunek and other // *J of Irrigation and drainage Engineering*. 2004. P 130(4), 304-310.
6. Kareem A.A. Mikro-irrigation need of the 21st century for conserving water resources. 17 th congress on irrigation and drainage. Transactions Astes. Volume - ID. Question 48. Granada. Spain. 1999. - 21.36 s
7. Семенов С.Я., Абезин В.Г., Марченко С.С. Системы капельного и внутрпочвенного орошения для плодово-ягодных и лесных насаждений. *Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса*. 2014 № 1 (33). С. 201-205.
8. Болкунов А.И., Гладышев А.О., Бородычев С.В., Вдовкин М.Е., Толочко Н.М. Капельное орошение: рекомендации. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. 36 с.



9. Караєв О., Одінцева В. Захист кісточкових від погодніх факторів. *Пропозиція: український журнал з питань агробізнесу*. № 4-5. 2018.
10. Караєв О. Г., Бондаренко Л. Ю. Визначення та опис технічної енергетичної системи з використання відновлювальних ресурсів плодкових насаджень. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 2. С. 192-199.
11. Matkovskiy O., Karaiev A., Sankov S., Karaieva T. The Parameters Substantiation of Seed Drill Capacity for Stone Crop Seeds. *Modern Development Paths of Agricultural Production:Trends and Innovations* , 2019. Part. I. P.121-131.
12. Karaiev A., Tolstolik L., Chyzyhkov I., Karaieva T. Defining Stability of Technological Process of Growing Fruit Crop Seedlings. *Modern Development Paths of Agricultural Production:Trends and Innovations*, 2019. Part I. P.53-62.
13. Struchaiev N., Bondarenko L., Vershkov O., Chaplinskiy A. Improving the efficiency of fruit tree sprayers. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations. Cham: Springer International Publishing*, 2019. P. 3-10.
14. Савушкин, С.С., Терпигорев А.А., Гжибовский С.А. Исследования систем мелкодисперсного дождевания. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2010. № 6.
15. Шахмалиева, С.М. Перспективы применения капельного орошения для интенсификации оливководства. *Почвы Азербайджана: генезис, география, мелиорация, рациональное использование и экология: Материалы Межд. научн. конф. Баку*, 2012. Т. 1. С.518-522.
16. Яков Лев. Эффективные способы орошения. Капельное орошение. *Почвы Азербайджана: генезис, география, мелиорация, рациональное использование и экология: Сб. матер. межд. научн. конф. Баку*, 2012. Т. 2. 639-641.

Стаття надійшла до редакції 20.05.2021р.

L. Bondarenko<sup>1</sup>, O. Karaiev<sup>1</sup>, S. Syshko<sup>1</sup>, Yu. Dmitriev<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university

## DETERMINATION OF CHANGES IN GEOMETRIC PARAMETERS OF APPLE TREE CROWNS USING A MICRO-IRRIGATION SYSTEM

### *Summary*

The article presents the results of research on changes in biometric indicators by age of apple trees. One of the common methods of irrigation, which helps to improve the microclimatic conditions for the growth of fruit trees is fine sprinkling. It has been established that soil and air droughts and dry winds are observed during the summer



vegetation of trees. Such meteorological conditions lead to stress of plants in different periods of their growth and development. Therefore, a significant place in the technology of growing fruit crops should be given to irrigation of orchards by fine sprinkling systems. Fine irrigation in many cases can still be combined with fertilization and spraying with pesticides, which is accompanied by a reduction in energy consumption.

The analysis of dynamics of change of architecture of a crown of trees for three grades of an apple-tree is carried out: Idared, Golden Delicious, Renet Simirenko. It is established that when observing the dynamics of the projection area of the apple crown by age in four different systems of crown formation, the change in the projection area is most influenced by age, and then varietal characteristics.

Analyzing the changes in the volume of the crown by age in three varieties, it was found that the change in volume is most influenced by age, then the variety. The deviation from the gradual change of the projection area and the volume of the crown in some years is due to the influence of environmental conditions and the sensitivity of trees to this influence.

Studies of changes in the leaf surface area of the crown with age have shown that the change in leaf surface area is most influenced by age, then the variety, and also in some years the system of crown formation.

**Key words:** fine sprinkling, fruit crops, tree crown, graphics of dependences, varietal characteristics

**Л.Ю. Бондаренко<sup>1</sup>, О. Г. Караев<sup>1</sup>, С.Л. Сушко<sup>1</sup>, Ю.А. Дмитриев<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Таврийський державний аграрно-технологічний університет  
імені Дмитрия Моторного**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРОНЫ ДЕРЕВЬЕВ ЯБЛОНИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ МИКРООРОШЕНИЯ**

### ***Аннотация.***

В статье приведены результаты исследований изменения биометрических показателей в зависимости от возраста деревьев яблони. Установлено, что при летней вегетации деревьев наблюдаются грунтовые и воздушные засухи и суховеи. Поэтому существенное место в технологии выращивания плодовых культур занимает орошение насаждений системами мелкодисперсного дождевания с учетом формы кроны деревьев. В современных яблоневых садах чаще всего формируют такие кроны: свободно растущий куст, стройное веретено, французская ось и сплюснутый куст. Анализ динамики изменения архитектоники кроны деревьев для трех сортов яблони: Айдаред, Голден Делишес, Ренет Симиренко позволил установить, что при наблюдении изменения площади проекции кроны яблони по возрасту наибольшее влияние оказывает возраст, а затем сортовые признаки; при изменении объема кроны по возрасту и при изменении площади листовой поверхности кроны по возрасту наибольшее влияние имеет возраст, затем сорт, а также в отдельные годы система формирования кроны.

**Ключевые слова:** мелкодисперсное дождевание, плодовые культуры, крона дерева, графики зависимости, сортовые признаки.



УДК 631.171:634.1.055

Л. Ю. Бондаренко, к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-5858-7375

О. Г. Караєв, д.т.н.

ORCID: 0000-0001-5134-1727

І. О. Чижиков, к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-3022-4828

Ю. О. Дмитрієв

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

e-mail: larysa.bondarenko@tsatu.edu.ua, тел:098-846-00-56

## ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРНО-МАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ ЗРІЗАНИХ ГІЛОК ПЛОДОВИХ ДЕРЕВ

**Анотація.** В статті наведено результати визначення середньої кількості зрізаних гілок з плодкових дерев саду для використання їх у якості відновлюваних ресурсів для забезпечення енергетичних потреб країни. Доведено, що одним з основних способів раціонального використання деревної сировини є брикетування. Проведено дослідження деревної біомаси, яка утворюється зі зрізаних гілок плодкових дерев при звичайному обрізанні та при обрізанні частково омолодженого саду. Встановлено, що при мінімальних діаметрах до 10мм найбільша довжина гілок припадає на гілки абрикоса і персика  $L = 110$ см. Найменша довжина гілок припадає на яблуню і складає 45 см. При частковому омолодженні плодкових дерев найбільша маса зрізаних гілок припадає на сливу – 238,1 ц/га, а найменша на яблуню – 64,1 ц/га. При звичайному обрізуванні найбільший вихід має персик – 46,5 ц/га, а найменший - груша (17,9 ц/га). Середній вихід обрізаних гілок з плодового саду, при тому, що вік дерев становить 12-21 років, складає 7,96 т/га.

**Ключові слова:** зрізані гілки плодкових дерев, енергетичне використання, паливні брикети, сертифікація продукції, деревна біомаса.

**Постановка проблеми.** Рішення завдання комплексного використання ресурсів садівництва передбачає широке залучення всіх видів відходів виробництва в процес переробки. Однак частка їх використання в промисловості на даний момент незначна.

Одним з основних способів утилізації відходів садівництва є їх енергетичне використання. Інтегрована система керування сільськогосподарським виробництвом передбачає процедуру сертифікації продукції за стандартом GlobalG.A.P. та гарантує



відсутність ризиків для навколишнього середовища [1]. Тобто на виробництві має бути впроваджена ефективна і безпечна технологія переробки зрізаних гілок.

Відомо, що з метою раціонального використання деревної сировини можна застосовувати брикетування. Брикети з деревних відходів можуть бути використані в якості побутового і промислового палива.

Основною перевагою використання паливних брикетів є їх висока теплотворна здатність. Температура горіння брикетів у 1,5-2 рази вища за дрова. Також брикети мають низьку вологість 4-8 %, яка досягається за рахунок примусової сушки [2].

Організація виробництва брикетів є потенціальним джерелом прибутку для садівничих підприємств. Але при цьому процес виробництва паливних брикетів зі зрізаних гілок плодкових дерев вивчений недостатньо. Для обґрунтування параметрів брикетів необхідно дослідити деревну біомасу, яка утворюється зі зрізаних гілок плодкових дерев. Тому визначення розмірно-масових параметрів зрізаних гілок плодкових дерев є актуальним у даному напрямку досліджень.

*Аналіз останніх досліджень.* Брикетоване біопаливо є реальною альтернативою кам'яному вугіллю і нафти, тому що не поступається за теплотворною характеристикам вугіллю, а його екологічні параметри взагалі поза конкуренцією [3-8].

Використання деревного палива стає все більш актуальним. Так, в якості одного з пріоритетних напрямків в області нетрадиційної енергетики розглядається значне використання енергетичного потенціалу деревної біомаси [9-12], яка може бути використана для виготовлення паливних брикетів.

В основі технології виробництва брикетів лежить процес пресування дрібно подрібнених сухих відходів деревини (тирси, тріски) [13].

Сьогодні, провідні підприємства виготовляють брикети таких форм: циліндричні, прямокутні, а також 4- або 6-гранний брикет з радіальним отвором. Маса брикетів складає від 0,5 до 2 кг [13]. Висока теплотворна здатність брикету досягається, з одного боку, завдяки великій щільності після пресування [2], з іншого - за рахунок невеликої залишкової вологості (як правило, менше 10%).

*Формулювання мети статті.* Встановити середню кількість зрізаних гілок з плодкових дерев саду для використання їх у якості відновлюваних ресурсів для забезпечення енергетичних потреб країни.

*Основна частина.* Зрізані гілки належать до відновлюваного ресурсу, який може бути перероблений в певний вид енергопродукту [12]. Тобто на виробництві має бути впроваджена ефективна і безпечна





технологія переробки зрізаних гілок, одним із яких є їх енергетичне використання у якості біопалива – паливних брикетів [12].

Вагомою характеристикою отримання якісних брикетів є розміри тріски плодової деревини [14,15]. Для цього було вивчено розмірно – масові характеристики зрізаних гілок плодових дерев при звичайному обрізуванні та при обрізуванні частково омолодженого саду. Для досліджень використовували гілки з таких плодових дерев, як груша, черешня, абрикос, персик, яблуня, слива. Дані про розподіл діаметрів в місці зрізання наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Розподіл значень діаметрів зрізаних гілок культур, що підлягали дослідженню, %

№п/п	Порода	Діаметри гілок, мм					
		До 10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
1	Груша	13	38	40	9	-	-
2	Черешня	10	19	27	20	16	8
3	Абрикос	39	44	15	2	-	-
4	Персик	12	13	27	37	11	-
5	Яблуня	7	13	30	11	15	24
6	Слива	19	33	17	19	12	-
<b>Середнє значення,%</b>		<b>16,7</b>	<b>26,7</b>	<b>26,0</b>	<b>16,3</b>	<b>13,5</b>	<b>16,0</b>

Із таблиці 1 видно, що практично для всіх культур найбільша кількість гілок припадає на гілки з діаметрами від 10 до 30 мм. Але для абрикоса, найбільша кількість припадає на гілки з діаметрами від 10 до 20 мм, а для персика від 20 до 40 мм.

За даними таблиці 1 побудовано гістограми розподілу значень зрізаних гілок по діаметрам, які наведено на рисунках 1-6.

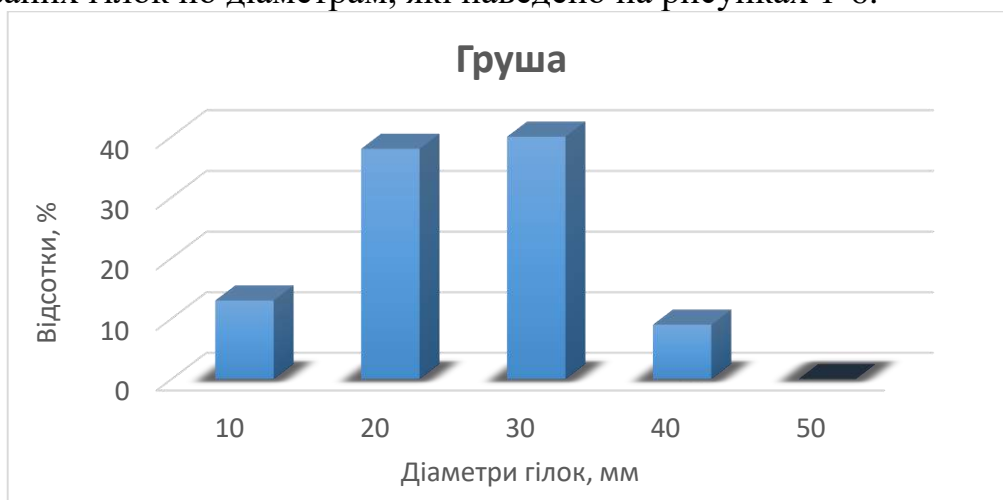


Рисунок 1. Гістограми розподілу кількості зрізаних гілок груші по діаметрам.

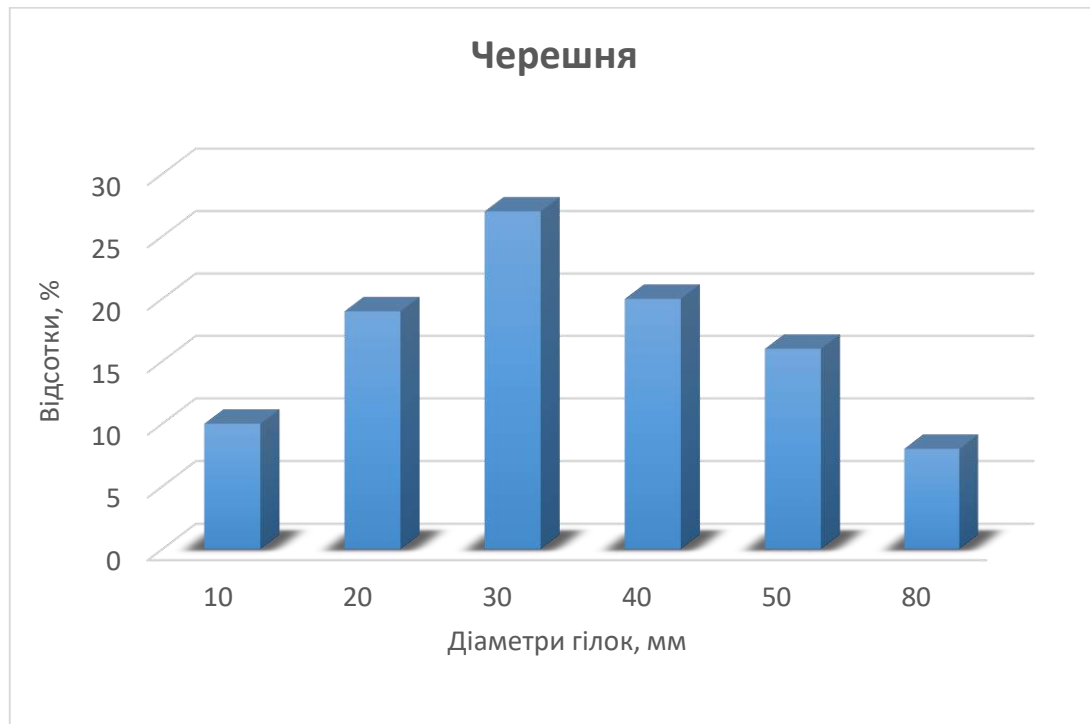


Рисунок 2. Гістограми розподілу кількості зрізаних гілок черешні по діаметрам.

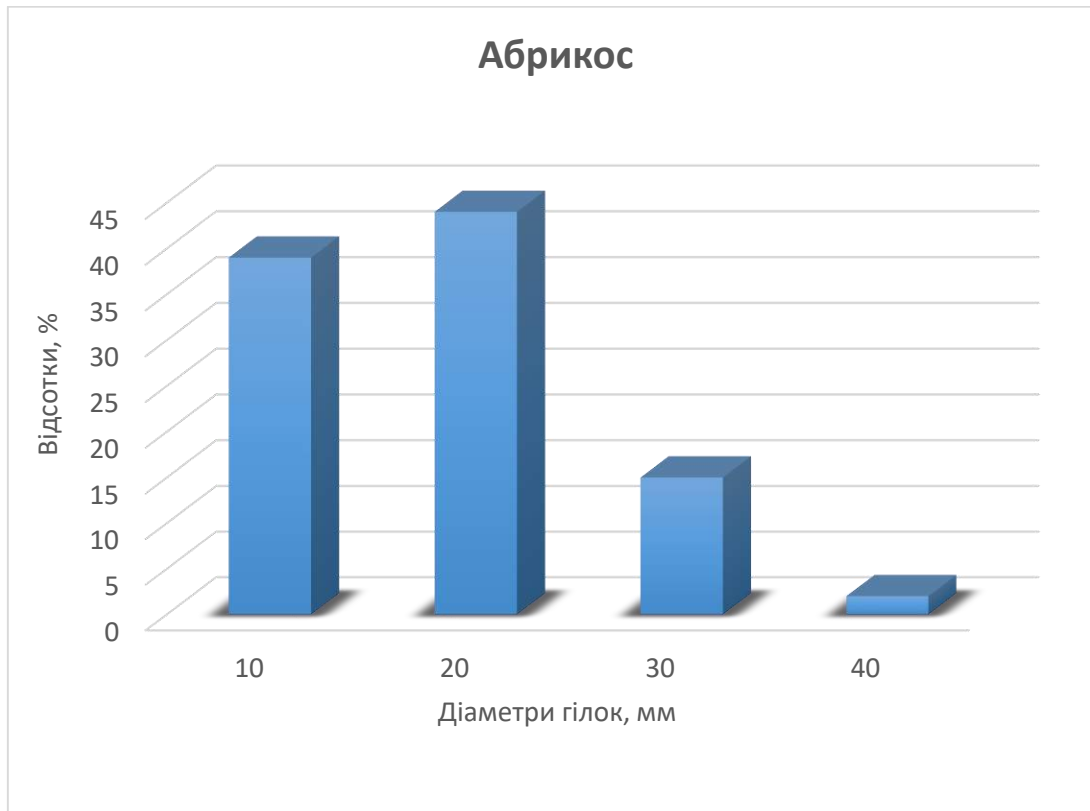


Рисунок 3. Гістограми розподілу кількості зрізаних гілок абрикоса по діаметрам.

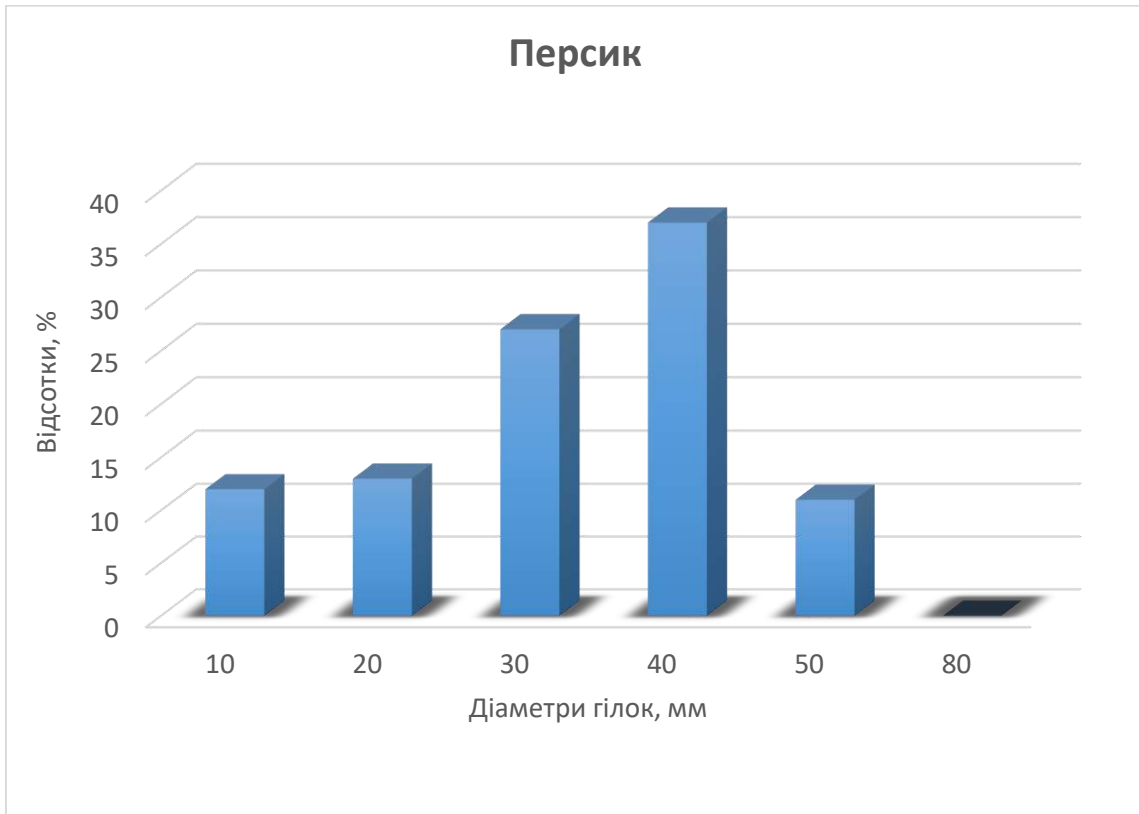


Рисунок 4. Гістограми розподілу кількості зрізаних гілок персика по діаметрам.

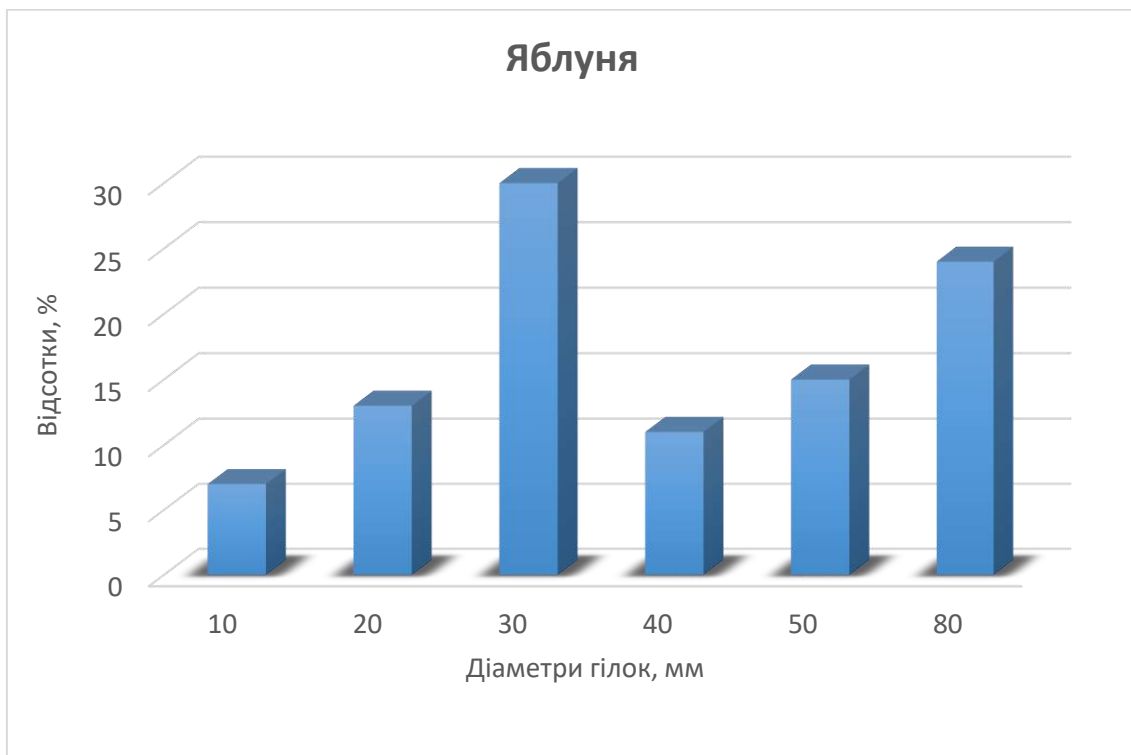


Рисунок 5. Гістограми розподілу кількості зрізаних гілок яблуні по діаметрам.

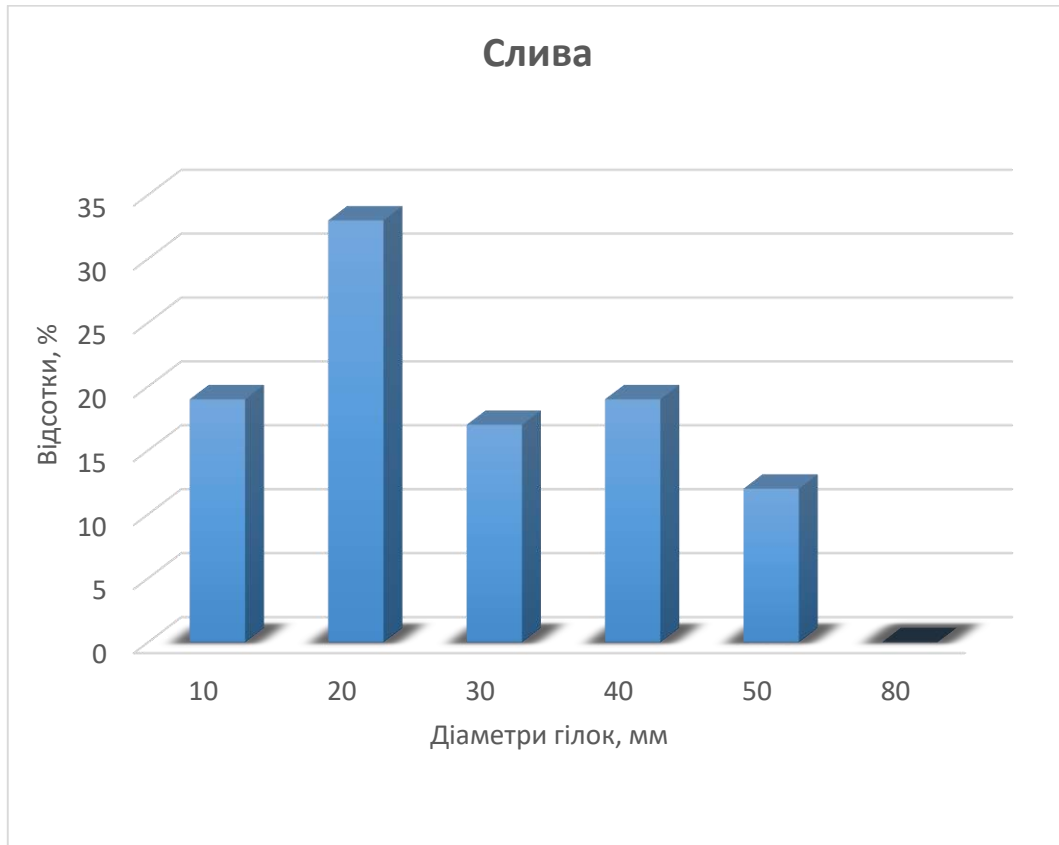


Рисунок 6. Гістограми розподілу кількості зрізаних гілок сливи по діаметрам.

Аналіз отриманих гістограм дозволив встановити, що найбільш рівномірно розподілені гілки у черешні (рис.1-6), при цьому найбільша їх кількість (27%) знаходиться в інтервалі від 20 до 30 мм.

Дані, які характеризують склад об'єму зрізаних гілок по довжині гілки і діаметру проєкцій наведені в таблиці 2.

Із таблиці 2 видно, що найбільша довжина гілок припадає на гілки з діаметрами від 50 до 80 мм, середня довжина яких складає  $L = 320$  см. Мінімальна довжина у гілок персика  $L = 207$  мм з діаметром від 50 до 80 мм. Максимальна довжина гілок припадає на яблуню та складає 294 см. При мінімальних діаметрах до 10мм найбільша довжина гілок припадає на гілки абрикоса і персика  $L = 110$ см. Найменша довжина гілок припадає на яблуню і складає 45 см при діаметрах до 10 мм.

Якщо оцінювати за середньою величиною довжини, то найбільша довжина гілок  $L_{cp} = 178$  см припадає на гілки з діаметром 30-40 см.

Результати визначення вагових показників, що характеризують вихід об'єму деревних відходів побічної продукції садівництва з 1 гектара плодового саду наведені в таблиці 3. При цьому середнє значення вологості деревини гілок під час вимірювання дорівнювала 43,5%.



Таблиця 2  
Значення діаметрів проєкцій  $D$  (мм) і довжини  $L$  (см) зрізаних гілок плодкових дерев

№ п/п	Порода	Діаметри гілок, мм											
		до 10		10-20		20-30		30-40		40-50		50-80	
		$L$	$D$	$L$	$D$	$L$	$D$	$L$	$D$	$L$	$D$	$L$	$D$
1	Яблуня	45	18	68	39	113	62	154	82	170	115	294	224
2	Груша	84	15	83	34	105	47	159	82	-	-	-	-
3	Черешня	65	22	119	73	192	120	169	92	274	165	320	182
4	Абрикос	110	20	155	78	188	89	208	126	-	-	-	-
5	Персик	112	34	92	51	135	92	203	154	177	100	207	134
6	Слива	74	17	108	33	142	63	-	-	208	124	260	107
<b>Середнє значення</b>		<b>78</b>	<b>32,5</b>	<b>104</b>	<b>50</b>	<b>145</b>	<b>78</b>	<b>178</b>	<b>89</b>	<b>138</b>	<b>84</b>	<b>130</b>	<b>109</b>

Таблиця 3  
Вагові характеристики зрізаних гілок плодкових дерев.

№ п/п	Порода, сорт	Схема садіння	Спосіб обрізки	Вік дерев, рік	Вага деревини, ц/га
1	Черешня Іюньська рання	6x7	звичайний	19	28,8
2	Абрикос Мелітопольський ранній	6x7	звичайний	15	25,3
3	Персик Київський ранній	5x4	звичайний	14	46,5
4	Слива Ренклод Альтана	6x3	омолод.	14	238,1
5	Яблуня Ренет Смиренко	4x3	омолод.	21	138,8
6	Яблуня Голден Делішес	4x3	омолод.	21	64,1
7	Груша Любимиця Клапа	6x7	звичайний	12	17,9
<b>Середнє значення</b>				<b>16,6</b>	<b>79,6</b>



З таблиці 3 видно, що при частковому омолодженні плодкових дерев найбільша маса зрізаних гілок припадає на сливу сорту Ренклюд Альтана – 238,1 ц/га, а найменша на яблуню Голден Делішес – 64,1 ц/га. При звичайному обрізуванні найбільший вихід має персик сорту Київський ранній – 46,5 ц/га, а найменший - груша Любимиця Клапа (17,9 ц/га). Середній вихід зрізаних гілок з плодового саду, при тому, що вік дерев становить 12-21 років, складає 79,6 ц /га, або 7,96 т/га.

Вагова характеристика наведених порід і сортів дасть змогу розраховувати орієнтовний (у разі необхідності усереднений) об'єм деревини, яка утворюється в результаті обрізання дерев в садах. Отже, це дасть змогу визначити кількість деревини, яка підлягає перетворенню в енергопродукту для забезпечення умов сертифікації згідно зі стандартом Global G.A.P. [9], у даному випадку на компостування, що, в свою чергу, є основним вхідним показником до розрахунку кількості побічної продукції садівництва, яка підлягає утилізації.

*Висновки.* Проведені дослідження дозволили встановити середній вихід зрізаних гілок плодового саду, який становить 7,96 т/га. Для забезпечення енергетичного використання побічної продукції садівництва необхідно розробити технологію переробки зрізаних гілок плодкових дерев у брикети, яка буде відповідати вимогам стандарту Global G.A.P.

Список використаних джерел

1. Global G.A.P. Интегрированная система управления сельскохозяйственным производством. [Integrated Farm Assurance Standard (IFA)]. *Общий базовый модуль для сельхозпредприятий – Растениеводство – Фрукты и овощи. Контрольные точки и критерии соответствия.* [Действует с 01.07.2017]. Кельн, 2017. 163 с. URL: [https://www.globalgap.org/uk\\_en/](https://www.globalgap.org/uk_en/) (дата звернення: 10.10.2020)/
2. Технология производства разных видов биотоплива. URL: <https://bio.ukr.bio/ru/articles/2346/>
3. Perlack, R., Wright, L. L., Turhollow, A. F., Graham, R. L., Stokes, B.C. and D. Erbach. Biomass as feedstock for a bioenergy and bioproducts industry: the technical feasibility of a billionton annual supply. *Oak Ridge National Laboratory.* 2005. URL: [http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/final\\_billionton\\_vision\\_report2.pdf](http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/final_billionton_vision_report2.pdf), accessed Sept 10, 2010.
4. Железна Т. А., Баштовий А.И., Гелетуша Г.Г. Аналіз можливості отримання деревного палива з додаткових джерел в Україні. *Промислова теплотехніка.* 2016. Т.38, № 4. С. 71-77.
5. Гелетуша Г.Г., Железна Т. А., Драгнев С. В., Баштовий А.И., Перспективи використання біомаси від обрізки та видалення





багаторічних сільськогосподарських насаджень для виробництва енергії в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2018. Т.40, № 6. С. 68-74.

6. Пурдик В. П. Обґрунтування основних експлуатаційних параметрів обладнання для виробництва паливних брикетів. *Міжнар. симпозиум українських інженерів-механіків: тези доповідей*. Львів: 28-29 травня 2015, с. 73-74

7. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Соколова В.А., Кривоногова А.С., Нгуен Ван Тоан Топливные брикеты новой конфигурации. *Системы. Методы. Технологии*. 2017 № 1 (33). с. 97-101.

8. Lattimore, V., Smith, C. T., Titus, V. D., Stupak, I. and Egnell, G. 2009. Environmental factors in woodfuel production: Opportunities, risks, and criteria and indicators for sustainable practices. *Biomass and Bioenergy*. 33(10):1321-1342.

9. Караєв О.Г. Наукові основи створення механізованих технологічних комплексів для виробничих систем розсадництва плодкових культур: автореф. дис. ... д-р. техн. наук: 05.05.11. Мелітополь, 2017. 41 с.

10. Бондаренко Л. Ю. Стручаєв М. І., Вершков О.О., Філіпов Д.О. Підвищення ефективності використання відходів плодової деревини. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 21, т. 1. С.74-83

11. Караєв О. Г., Бондаренко Л. Ю. Визначення та опис технічної енергетичної системи з використання відновлювальних ресурсів плодкових насаджень. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 2. С. 192-199.

12. Havrylenko Y., Kholodniak Y., Vershkov O., Naidysh A. Development of the method for the formation of one-dimensional contours by the assigned interpolation accuracy. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1, Iss. 4(91). P. 76-82.

13. Караєв О.Г., Бондаренко Л.Ю., М.І. Стручаєв М.І. Використання відновлюваних ресурсів садівництва за вимогами стандарту GLOBALG.A.P. *Вісник УВМАО*. Вип. 7. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. 92-99 с.

14. Lezhenkin O., Lezhenkin I., Vershkov O., Kolomiets S. Agrobiological as Well as Mechanical and Technological Framework of Development of the Harvesting Technology with the Method of Grain Crops Combing in Standing Position. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. – Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 85-90.

15. Lezhenkin A., Halko S., Miroshnyk A., Kovalyshyn, S., Vershkov A., Hryhorenko O. Mathematical simulation of separating work tool technological process. *International Scientific Conference on Progress of Mechanical Engineering Supported by Information Technology*. Czajowice, 2019. Volume 132.



Стаття надійшла до редакції 20.05.2021р.

**L. Bondarenko<sup>1</sup>, O. Karaiev<sup>1</sup>, I. Chyzykov<sup>1</sup>, Yu. Dmitriev<sup>1</sup>**  
**<sup>1</sup>Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **DETERMINATION OF SIZE-MASS PARAMETERS OF CUT BRANCHES OF FRUIT TREES**

### *Summary*

The article presents the results of determining the average number of cut branches of fruit trees in the garden for use as renewable resources to meet the energy needs of the country.

One of the main ways to dispose of gardening waste is their energy use. Efficient and safe technology of processing of cut branches should be introduced at the production, which will allow to provide the procedure of product certification according to the GlobalG.A.P standard. In order to rationally use wood raw materials, briquetting can be used, which can be a potential source of income for horticultural enterprises. To substantiate the parameters of briquettes, a study of wood biomass, which is formed from cut branches of fruit trees during normal pruning and pruning of a partially rejuvenated garden, was carried out, namely, their size and mass characteristics were determined.

Branches from such fruit trees as pear, cherry, apricot, peach, apple, plum were used for researches.

Histograms of the distribution of the values of the parameters of the cut branches by diameters were constructed, from which it was determined that the most evenly distributed branches in cherries, with the largest number (27%) is in the range from 20 to 30 mm.

It is established that the greatest length of branches falls on branches with diameters from 50 to 80 mm, the average length of which is  $L = 320$  cm. The maximum length of branches falls on the apple tree and it's 294 cm. At minimum diameters up to 10 mm peach  $L = 110$ cm. The smallest length of branches falls on an apple-tree and makes 45 cm. If to estimate on average size of length the greatest length of branches  $L_{sr} = 178$  cm falls on branches with a diameter of 30-40 cm.

**Key words:** cut branches of fruit trees, energy use, fuel briquettes, product certification, wood biomass

**Л.Ю. Бондаренко<sup>1</sup>, О. Г. Караев<sup>1</sup>, И.О. Чижиков<sup>1</sup>, Ю.А. Дмитриев<sup>1</sup>**  
**<sup>1</sup>Таврийский государственный агротехнологический университет имени Дмитрия Моторного**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРНО-МАССОВЫХ ПАРАМЕТРОВ СРЕЗАННЫХ ВЕТВЕЙ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ**

### *Аннотация.*

В статье приведены результаты определения среднего количества срезанных веток с плодовых деревьев сада для использования их в качестве возобновляемых ресурсов для обеспечения энергетических потребностей страны. Доказано, что одним из основных способов рационального использования древесного сырья является брикетирование. Проведены исследования древесной биомассы, которая образуется из срезанных веток плодовых деревьев при обычном обрезании и при обрезке частично омоложенного сада. Установлено, что при минимальных



диаметрах до 10 мм наибольшая длина ветвей приходится на ветки абрикоса и персика  $L = 110$  см. Наименьшая длина ветвей приходится на яблоню и составляет 45 см. При частичном омоложении плодовых деревьев наибольшая масса срезанных ветвей приходится на сливу - 238,1 ц/га, а наименьшая на яблоню - 64,1 ц/га. При обычном обрезании наибольший выход имеет персик - 46,5 ц/га, а наименьший - груша (17,9 ц/га). Средний выход обрезанных веток с плодового сада, при том, что возраст деревьев составляет 12-21 год, составляет 7,96 т/га.

**Ключевые слова:** срезанные ветки плодовых деревьев, энергетическое использование, топливные брикеты, сертификация продукции, древесная биомасса.



УДК 631.22

О. О. Дереза, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-9358-7968

С. В. Дереза, ст. викл.

ORCID: 0000-0001-9797-0967

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

E-mail: derezasv2017@gmail.com, тел: +38(067)-528-66-31

## ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ, БУДІВНИЦТВІ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ТВАРИННИЦЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

**Анотація.** Проведено розгорнутий аналіз сучасних матеріалів і технологій, які найчастіше застосовуються при проектуванні, будівництві та реконструкції тваринницьких приміщень і будівель. Використання таких матеріалів та технологій дозволить спеціалістам раціонально проектувати зовнішні огорожувальні конструкції приміщень і будівель з урахуванням всіх факторів, які можуть вплинути на експлуатацію даних конструкцій. Як наслідок, це дасть змогу збільшити строк експлуатації тваринницьких приміщень, знизити витрату теплової енергії при їх опаленні. Особливо велика увага в статті приділяється правильному застосуванню теплофізичних законів в умовах широкого використання в будівництві нових матеріалів і технологій.

Застосування вказаних матеріалів і технологій при проектуванні, будівництві або реконструкції тваринницьких підприємств, надасть можливість підвищити конкурентоспроможність тваринницької продукції та знизити її собівартість.

**Ключові слова:** тваринництво, енергоресурси, енергоємність, будівельні матеріали, теплопровідність, теплоізоляція.

**Постановка проблеми.** Оцінюючи сьогоденний стан вітчизняного тваринництва, можна зробити висновок, що ця галузь є однією з найбільш енерговитратних. Нині над кожним підприємством нависла загроза паливно-енергетичної кризи, адже енергоносії займають вагомую частину у собівартості продукції тваринництва. Економія енергоресурсів шляхом зниження енергоємності технологічних процесів та перехід на енергоощадні технології – важливі складові собівартості одиниці продукції [1-3]. А оскільки статистика за останні десять років свідчить про те, що частка енергоносіїв у собівартості



продукції тваринництва збільшилася в десятки разів, то питання резервів економії енергоресурсів та впровадження енергоощадних технологій дозволить збільшити вихід продукції на одиницю затраченої енергії. Кожен крок має бути спрямованим на зниження собівартості та енергоємності виробництва одиниці продукції тваринництва [4-6].

*Аналіз останніх досліджень.* Розвиток сучасних будівельних технологій у всіх технічно розвинених країнах світу направлений на розробку ефективних матеріалів, використання яких є економічно доцільним, дозволяє скоротити енергетичні затрати та витрату сировинних ресурсів [7-9].

*Формулювання мети статті.* Метою дослідження є аналіз практичного використання сучасних енергозберігаючих матеріалів та технологій при будівництві і реконструкції тваринницьких підприємств різного виробничого напрямку.

*Основна частина.* Сучасні будівельні матеріали (окрім урахування низьких витрат енергії на їх виготовлення) та технології будівництва на їх основі повинні відповідати наступним вимогам:

- низький коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін;
- теплова інертність стіни;
- конструкція стін повинна створювати можливість дифузії водяної пари;
- гідроізоляція повинна виключати ризик зволоження стін та інших елементів будинку;
- мала енергоємність;
- мала вага будівлі;
- низька ціна і нескладний спосіб монтажу [10-12].

Не менш важливими є і інші характеристики сучасних будівельних матеріалів: їхня звукоізоляція, міцність при ударі, легкість та технологічність демонтажу, можливість утримання в чистоті, вологостійкість, вогнестійкість, світловідбивання, стійкість до напружень, що дозволяє широко використовувати їх для зведення внутрішніх стін [13].

Вартість будівельних матеріалів і виробів складає 50-65% повного обсягу будівельно-монтажних робіт. Вміння оцінювати фізико-технічні властивості та енергоефективність будівельних матеріалів і раціональні області їх використання в будівництві дозволяє провести вибір сучасних матеріалів на базі техніко-економічного аналізу з урахуванням експлуатаційних вимог, зменшення матеріальних та енергетичних затрат [14,15].

Шляхом впровадження будівельного енергетичного менеджменту (енергоефективності) фахівці можуть отримувати більш повну картину, з однієї сторони, – енергозатрат при виготовленні



будівельних виробів, а, з іншої, – споживання енергії в існуючих будівлях. Підставою для проектування енергоощадних будівельних технологій є моделювання енергоємності будівельних процесів на всіх стадіях реалізації інвестицій. Підвищити енергоощадність будівництва можна також через скорочення обсягів споживання енергії на виробництво будівельних матеріалів (табл. 1).

Таблиця 1

## Витрата енергії на виробництво деяких будівельних матеріалів

Матеріали	Витрата енергії, МДж/т
Вітчизняне виробництво	
Портландцемент (мокрый спосіб)	6550
Портландцемент (сухий спосіб)	4046
Шлакопортландцемент	3080
Гіпс будівельний	750
Керамзитовий пісок	885
Пиломатеріали	1040
Будівельний пісок	15
Щебінь природній	99
Товарний бетон класу В25	820
Монолітний залізобетон класу В25 збірний залізобетон	2001
Бетонні блоки	2897
Цегла	1413
Будівельна сталь	2610
Країни Західної Європи	
Пустотілі вироби	1620
Ізоляційна цегла	1800
Черепиця	1800
Силікатна цегла	900
Звичайний бетон	900-1080
Залізобетон	1620-1800
Цемент	3600
Вапно	4320
Газобетон	2700

В сучасному будівництві переважає така конструкція зовнішніх стін, в якій розділено функції термічної ізоляції і несучої здатності. Такий розподіл виникає через різні властивості матеріалів:

- матеріали з добрими теплоізоляційними властивостями мають малу міцність (теплоізоляційні матеріали);
- матеріали з високою конструкційною міцністю і щільною структурою добре поводять тепло, через що погано ізолюють приміщення (стінові матеріали).





Для огорожувальних конструкцій тваринницьких приміщень вибирають матеріали з невеликим коефіцієнтом теплопровідності, але з вищою питомою теплоємністю.

Теплопровідність – один з найважливіших показників, що характеризують теплозахисні властивості матеріалів, за яким визначають їхню належність до групи теплоізоляційних або конструктивно-теплоізоляційних. Зокрема, теплоізоляційні матеріали повинні мати коефіцієнт теплопровідності не більший, ніж  $0,175 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  і середню густину не більш як  $500 \text{ кг/м}^3$  [16,17]. З теплопровідністю пов'язана така важлива характеристика матеріалів, застосовуваних для зовнішніх огорожувальних конструкцій, як термічний опір, або опір теплопередачі.

З метою зниження рівня енергоспоживання будівель і наближення норм енергоспоживання України до норм високорозвинених країн Європи прийнято ряд нормативних документів, однак їхнє впровадження в будівництво є дуже повільним, у зв'язку з відсутністю коштів та механізму контролю за їх впровадженням [18].

Теплові втрати через матеріал перегородок будівлі характеризуються величиною коефіцієнту теплопередачі. Чим більший коефіцієнт теплопередачі перегородки, тим більше втрат тепла через його поверхню, а високе значення величини термічного опору свідчить про добру теплоізоляцію.

Вивчення законів тепло-вологпереносу та повітро-проникання дозволять нашим інженерам раціонально проектувати зовнішні огорожувальні конструкції будівель з урахуванням всіх факторів, які можуть вплинути на експлуатацію даних конструкцій [19]. Як наслідок, це дасть змогу збільшити строк експлуатації тваринницьких приміщень, знизити витрату теплової енергії при їх опаленні. Особливо велике значення має знання та правильне застосування теплофізичних законів в умовах широкого застосування в будівництві нових матеріалів і технологій.

*Стінові матеріали.* Застосування порожнистих керамічних матеріалів дає змогу зменшити товщину зовнішніх стін і знизити матеріалоемність огорожувальних конструкцій на 20-30%, скоротити транспортні витрати і навантаження на фундамент. Відповідно зменшується і трудомісткість зведення стін порівняно з повнотілою цеглою. За точністю розмірів і зовнішнім виглядом цегла та керамічні камені мають задовольняти вимогам зазначеного стандарту. Повнотіла цегла повинна мати водопоглинання не менше, ніж 8% за масою, а порожнисті вироби – не менше як 6%.

Ніздрюватий бетон – це особливо легкий бетон з великою кількістю (до 85% від загального об'єму бетону) дрібних та середніх



повітряних комірок розміром до 1-1,5 мм. Пористість ніздрюватим бетонам надається: а) механічним шляхом, коли тісто, що складається з в'язучого і води, часто з добавкою дрібного піску, змішують з окремо приготованою піною; при затвердінні виходить пористий матеріал, який називається пінобетоном; б) хімічним шляхом, коли у в'язуче вводять спеціальні газоутворюючі добавки; в результаті чого в тісті в'язучої речовини проходить реакція газоутворення, воно спучується і стає пористим. Затверділий матеріал називають газобетоном.

За теплоізоляційними властивостями (за середньою густиною) звичайні пінобетони поділяються на 4 групи:

- теплоізоляційні (300-500 кг/м<sup>3</sup>);
- конструкційно-теплоізоляційні (600-800 кг/м<sup>3</sup>);
- конструкційні (900-1200 кг/м<sup>3</sup>);
- конструкційно-поризовані (1300-1800 кг/м<sup>3</sup>).

До основних переваг використання пінобетону в будівництві можна віднести такі:

- енергоефективність: неавтоклавний пінобетон порівняно з автоклавним пінобетоном або газобетоном дозволяє досягти суттєвої економії електроенергії при його виробництві і експлуатації споруд з його використанням;

- екологічна чистота: нетоксичний, при нагріванні не виділяє шкідливих речовин, що властиво пінопластам та базальтовій ваті; забезпечує сприятливий мікроклімат в приміщенні;

- пожегобезпечність: незаймистий, висока пожежостійкість;

- високі теплоізоляційні властивості: за рахунок пористої структури має низьку теплопередачу порівняно з такими традиційними будівельними стіновими матеріалами, як звичайний бетон, керамзитобетон, цегла; в більшості випадків не потребує додаткової теплоізоляції;

- високі акустичні (звукоізоляційні) властивості: висока звукопоглинаюча здатність на низьких частотах порівняно з бетоном і цеглою; пінобетон широко застосовується як звукоізоляційний прошарок на плитах перекриття в багатопверхових житлових і адміністративних будівлях;

- довговічність: пінобетон з часом тільки покращує свої теплоізоляційні і міцнісні характеристики, що пов'язано з його довгим внутрішнім досяганням;

- економічна доцільність: сировинні компоненти недефіцитні, пінобетон неавтоклавного тверднення має суттєві переваги по вартості виробництва і використання над традиційними будівельними матеріалами; неавтоклавний пінобетон порівняно з автоклавним



пінобетоном або газобетоном дозволяє суттєво знизити затрати на утеплення підлог, горищ і покрівель будинків; суттєво скоротити терміни будівництва; забезпечує 20-25% зниження експлуатаційних витрат на опалення.

*Теплоізоляційні матеріали.* Теплоізоляційними називають будівельні матеріали для теплової ізоляції огорожувальних конструкцій будівель, промислового та енергетичного обладнання й трубопроводів. Ці матеріали повинні мати коефіцієнт теплопровідності, не вищий ніж  $0,17 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , та середню густину не більш як  $500 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Для виготовлення теплоізоляційних матеріалів витрата палива в 10-11, а трудомісткість у 20-25 разів нижчі порівняно із взаємозамінюваною за тепловим опором кількістю глиняної цегли, а маса готової продукції майже в 20 разів менша.

Світова та вітчизняна будівельна індустрія пропонує сьогодні досить широкий вибір теплоізоляційних матеріалів, кожний з яких має свої технічні характеристики та галузь застосування. Це і пінобетон, і пінопласт, і керамзит, і мінеральна вата, і скловолокно...

До властивостей теплоізоляційних матеріалів висувають ряд вимог: низька теплопровідність; стійкість до коливань температур при експлуатації; однорідність властивостей; оптимальна густина; низький рівень займистості і вибухонебезпечності; міцність при транспортуванні і монтажі; волого та водостійкість; стійкість до атмосферних впливів; стійкість до впливу комах; хімічна стійкість; нешкідливість для людини і тварини.

*Мінеральна вата* – це волокнистий матеріал, що отримується з розплавів гірських порід (зокрема базальту), металургійних шлаків та їх сумішей.

Основною властивістю мінеральної вати (як, до речі, й скловати) є негорючість у поєднанні з високою тепло та звукоізолюючою здатністю, стійкістю до температурних деформацій, негіроскопічністю, хімічною та біологічною стійкістю, екологічністю та легкістю виконання монтажних робіт. Вироби з мінеральної вати належать до класу негорючих матеріалів. Вони ефективно протидіють поширенню полум'я й використовуються як протипожежна ізоляції для вогнезахисту. Мінеральні волокна здатні витримувати температуру понад  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ , однак зв'язуючий компонент починає руйнуватися вже при температурі  $250 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Важливим параметром мінераловатних матеріалів є здатність до збереження своїх геометричних розмірів протягом всього періоду експлуатації. Це запобігає утворенню містків холоду на стиках ізоляційних плит.



Мінеральна вата негігроскопічна, вміст вологи у виробках з неї за нормальних умов експлуатації становить 0,5% від об'єму. Щоб мінімізувати водопоглинання, мінеральну вату, як правило, піддають обробці спеціальними водовідштовхуючими розчинами.

Виробам з мінеральної вати притаманна висока паропроникність. Щоб мінімізувати можливість накопичення парів вологи й утворення конденсату, мінераловатний утеплювач має бути захищеним з внутрішньої сторони пароізолюючим бар'єром. З зовнішньої сторони, навпаки, мають бути створені умови для вільного виходу парів (висихання утеплювача). За нормальних умов експлуатації теплозвукоізоляційні та механічні властивості виробів з мінеральної вати зберігаються на своєму початковому рівні протягом кількох десятків років.

На ринку України широкий спектр мінераловатних утеплювачів представляє ISOVER, в тому числі матеріали для утеплення фасадів «контактним методом» (Fascoterm, Orsil) і фасадів, що вентилуються (Polterm, Ventiterm). Широку гаму (понад 40 різновидів) теплоізоляційних матеріалів з базальтових волокон пропонує й ROCKWOOL. Для навісних фасадів рекомендовано використовувати плити PANELROCK, а для стін – ROCKMUR. Асортимент виробів представлений мінераловатними плитами різної щільності та призначення, рулонними матами для ізоляції трубо- і паропроводів, покриттів для труб, виконаних на замовлення.

*Скловата.* Окрім теплозвукоізоляційних матеріалів з базальту в будівництві широко застосовують матеріали з скловолокна. Цей матеріал за технологією виробництва та властивостями має багато спільного з мінеральною ватою.

Скловатні вироби використовуються поряд з мінераловатними для теплової ізоляції будівельних конструкцій, але окрім цього застосовується для ізоляції холодильного та промислового обладнання, що працює в умовах вібрації, трубопроводів і транспортних засобів. В європейських країнах частка скловолоконних теплоізоляційних матеріалів сягає 65%, однак в Україні вона є дещо нижчою.

Найбільш поширені в Україні утеплювачі зі скловати представлені торговою маркою ISOVER (Фінляндія), що є підрозділом теплоізоляційних матеріалів концерну SAINT- GOBAIN.

*Пінополістирол* (пінопласт) – екологічно чистий, нетоксичний тепло- та звукоізоляційний матеріал. У будівельній практиці цей матеріал застосовується вже протягом 40 років і зарекомендував себе як найбільш економічний та зручний у роботі утеплювач, якому притаманні високі паро та теплопровідні властивості. Стіна з пінополістиролу завтовшки лише 12 см за своїми теплозберігаючими



показниками еквівалентна стіні з дерев'яного бруса завтовшки 50 см, 2-метрової стіні з цегли або 4-метрової стіні з залізобетону.

У полістирольну групу утеплювачів входять такі різновиди ізоляційних матеріалів як пінопласт М20-М30, СТИРОДУР, ІЗОФОМ, СТИРО-ФОМ, СТИРІЗОЛ та багато інших. Всі вони відповідають вимогам чинних норм щодо теплозахисних властивостей будівельних матеріалів і межі їх застосування визначаються міркуваннями пожежної безпеки.

Пінопласт може використовуватися при утепленні стін «легким мокрим» способом, всередині пустотілої цегляної кладки, а також у навісних вентиляованих фасадах. Пінополістирольні матеріали використовуються й при спорудженні монолітних будівель в опалубці, що не знімається, тобто методом, який отримав назву «термобудівля».

Низькі температури не впливають на фізико-технічні властивості пінополістиролу. Він зберігає свою форму й при тривалому нагріванні до 90<sup>0</sup>С. Високі теплозахисні властивості матеріалу виключають негативний вплив циклів заморожування-розморожування, які могли б спричинити виникнення тріщин у несучих конструкціях. Це, відповідно, подовжує термін їх експлуатації.

Крім того, зовнішні огорожувальні конструкції з використанням елементів пінополістиролу мають низьку питому вагу, що дає можливість уникнути зайвих витрат на підсилення фундаментів при реконструкції та надбудові існуючих приміщень, а також значно заощадити кошти при новому будівництві.

З вище наведеного витікає, що крім експлуатаційної енергоємності важливе значення при розрахунку вартості будівництва також має енергоємність, пов'язана з виробництвом будівельних матеріалів, їх транспортуванням та працею на будівельному майданчику. При цьому вага будівельних матеріалів є також важливим чинником в процесі аналізу коштів будівництва.

Світовий досвід показує – щоб досягти успіху в реалізації великого проекту, зокрема при будівництві тваринницького підприємства, він повинен відповідати кільком важливим умовам:

- висока швидкість проектування і будівництва;
- проект повинен гарантувати максимальну надійність і довговічність всіх елементів конструкцій (не менше 50 років);
- в проекті повинні використовуватися тільки перевірені часом технологічні рішення, для створення максимального комфорту утримання тварин;
- окупність проекту повинна вписуватися в часовий показник 5-7 років.

Досвід світового будівництва тваринницьких ферм, причому як великих мегакомплексів на 2500-4000 голів ВРХ, так і невеликих на



120-300 голів, говорить про широке використання клеєних дерев'яних конструкцій в самих різних кліматичних зонах (рис. 1).



Рисунок 1. Корівник з клеєних дерев'яних конструкцій

Аналіз причин такої значної популярності клеєних конструкцій дозволив виявити ряд істотних переваг в їх використанні у порівнянні з іншими – металевими, залізобетонними або комбінованими: довговічність в експлуатації і стійкість до агресивного середовища; висока швидкість монтажу конструкцій; можливість зведення конструкцій з довжиною прольоту до 36 метрів; економія на фундаментах за рахунок відносно малої маси конструкцій; відсутність в конструкції зварних швів; оптимальне співвідношення ціни і якості.

Вплив зовнішнього середовища на конструкції в корівнику, порівняно, за своєю дією, схожий з середовищем на хімічному виробництві. Це пов'язано з великим виділенням аміаку і азоту від тварин. В таких умовах експлуатації матеріал, з якого виготовляється каркас, стіни і перекриття повинен відповідати особливим вимогам по стійкості до агресивного середовища. Якщо конструкції виготовляються з металу, то він повинен бути на 100% оброблений методом гарячого цинкування, а це несе подорожчання матеріалів до 30%, і в конструкції завжди залишаться зварні шви, в яких процес корозії проходить удвічі швидше, ніж в звичайному металі.

Виготовлення конструкцій із залізобетону, по-перше дорожче металевих, по-друге вимагає більш потужних фундаментів, що веде до значного подорожчання проекту в цілому.

Клеєні дерев'яні конструкції виготовляються в заводських умовах з двосантиметрової дерев'яної дошки – ламелі. Ламелі спочатку висушуються, потім склеюються епоксидними клеями, і вже готовий виріб проходить обробку складом вогнебіозахисту. Заводська гарантія на обробку виробу – 10 років. Після закінчення терміну гарантії





повторна обробка здійснюється спеціальним складом за допомогою звичайного фарбопульта ще на 10 років і так далі без обмеження.

Конструкція з клеєної деревини практично не піддається впливу аміаку та інших шкідливих газів на відміну від металу, який в перший же рік починає вкриватися продуктами корозії і кожні 5 років потребує спеціальної захисної обробки. Тому клеєні дерев'яні конструкції знайшли широке застосування на об'єктах з найскладнішими умовами експлуатації (склади хімічних добрив, корівники, свинарники, пташники). Всі з'єднання в спорудах з клеєних дерев'яних конструкцій – болтові, при цьому шпильки і болти виготовляються з високолегованої сталі і покриваються спеціальним складом на заводі з гарантією від корозії на 50 років. Сільське господарство, зокрема свинарство, активно розвивається, і все більше підприємців-свинарів розмірковують про розширення власного виробництва. Тому стають актуальними питання про реконструкцію і відновлення старих свинарників та про будівництво сучасних свинокомплексів.

*Реконструкція та відновлення старих свинарників.* Головна проблема при реконструкції старих свинарників – це необхідність заміни старого каркасу покрівлі. Оскільки реконструкцію треба здійснити в стислі терміни, щоб не зупиняти на довгий час виробничий цикл з вирощування свиней, використовують конструкції, що швидко монтується. До таких конструкцій відносяться дерев'яні кроквяні ферми. Невелика вага дерев'яної крокви (близько 120 кг при довжині 12 м) дозволяє застосовувати її на старих *стінах* без проведення заходів з підсилення фундаментів і огорожувальних конструкцій.

Значною перевагою використання великопрольотної дерев'яної ферми є можливість створення вільного планування всередині приміщення: можна прибрати внутрішні опори або розширити будівлю і виконати спирання конструкції на зовнішні стіни. Дерев'яними фермами можна перекривати прольоти до 30 м.

Ферма має рівний горизонтальний пояс, по якому легко зробити утеплення та підшити стелю. Горизонтальна стеля зменшить внутрішній об'єм приміщення, а значить зменшить і обсяг повітря, який потрібно обігрівати в холодну пору року. При горизонтальній стелі розподіл повітряних мас відбувається більш природно, ніж при похилій. Тепле повітря знаходиться ближче до тварин, не скупчується під стелею – це ще один плюс до енергоефективності споруди.

*Особливості утеплення в сучасних свинокомплексах.* Принцип утеплення залежить від обраного способу вентиляції будівлі. Виходячи зі світового та європейського досвіду (технологів фірм Big Dutchman, Hogslat, Нака тощо), покрівлю, в основному, утеплюють тільки по стелі, так як приплив свіжого повітря в приміщення йде через стінові клапани. Але є приклади, де чисте повітря всередину



приміщення потрапляє з підпокрівельного простору через перфоровану стелю або стельові клапани, тому там утеплюється весь простір даху, створюючи своєрідну рекупераційну систему.

*Правильний підхід.* Будь-яка конструкція в сучасній будівлі для утримання тварин, потребує інженерного підходу в проектуванні і будівництві. Зокрема дерев'яні кроквяні конструкції для свинарників розраховуються з урахуванням всіх навантажень на покрівлю, що забезпечує їх надійність та міцність. Дерев'яні заготовки проходять вогне- та біозахисну обробку сучасними засобами, що безпечні для людини і тварин. Ферми виготовляються на виробництві, і проходять контроль якості готових конструкцій. На об'єкт приїжджають кроквяні ферми, готові до швидкого монтажу, ця особливість дозволяє монтувати каркас практично за будь-якої погоди в будь-яку пору року.

Фірма «Нака» (Німеччина) та її представництво в Україні ТОВ «Нака.УА» спеціалізується на будівництві та реконструкції свинокомплексів за сучасними енергозберігаючими технологіями. Компанія «BAUER TECHNICS» (Чехія) бере за основу передові наукові дослідження і успішний досвід роботи й розвитку в галузі тваринництва у всьому світі. Тому сучасна тваринницька ферма – це комплекс першокласних технологій.

Для збалансованого функціонування тваринницького комплексу, необхідно володіти відповідними технологіями, достатнім досвідом і спеціалістами високого кваліфікаційного рівня – архітекторами, будівельниками, монтажниками, зоотехніками, генетиками, ветеринарами, скотарями, електротехніками та іншими фахівцями.

Компанія «BAUER TECHNICS» відповідає всім перерахованим вище умовам, завдяки чому компанією вже успішно реалізовано цілий ряд проектів будівництва нових ферм, а також проектів реконструкції існуючих ферм і приміщень.

Усі запропоновані технологічні елементи і комплекти відповідають положенням і законодавству по утриманню тварин як в Чехії, так і в країнах ЄС. Реалізовані проекти в Україні: «Енерготрансінвест» – свиноферма на 1500 свиноматок, «Астарта Київ» – молочно-товарна ферма на 1200 дійних корів.

*Висновки.* Впровадження вказаних заходів, перш за все енергоощадних технологій при проектуванні, будівництві або реконструкції тваринницьких підприємств, надасть можливість підвищити конкурентоспроможність, знизити собівартість продукції та збільшити доходи галузі, що буде привабливим як для виробника, так і для споживача.



## Список використаних джерел

1. Дереза С.В. Визначення основних заходів енергоефективного функціонування агропромислового комплексу України. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 426-431. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/boltjanska1.pdf>
2. Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. №1(19). pp. 7–12.
3. 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.
4. Скляр О.Г. Механізовані технології в виробництві сільськогосподарської продукції. Посібник-практикум / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, Н.І. Болтянська. Мелітополь: Люкс, 2019. 303с.
5. Boltyansky O. V., Boltianskyi B.V. Reducing energy expenses in the production of pork. *WayScience*. 2021. P.1. С. 27-29.
6. Serebryakova N., Podashevskaya H. Use of three-dimensional computer visualization in the study of nanostructures. Минск: БГАТУ, 2020. С. 517-519.
7. Skliar A. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. Lublin, 2014. Vol.16. No2, b. P.183-188.
8. Zhuravel D. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference*. Athens. 2021. Pp. 231-233.
9. Skliar R., Sklar O. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Rome. 2021. Pp. 171-176.
10. Skliar A. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. Lublin, 2014. Vol.16. No2, b. P.183-188.
11. 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. P. 49-54.
12. Дереза С.В. Аналіз причин захворювання корів на субклінічний мастит. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 205-209. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/dereza-1-2020.pdf>
13. Болтянська Н.І. Проектування та монтаж техніки агропромислового виробництва»: курс лекцій / Н.І. Болтянська, Б.В.



Болтянський. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. 196 с.

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

15. Болтянська Н.І. Машиновикористання техніки в тваринництві»: курс лекцій / Н.І. Болтянська, Р.В. Скляр. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 160 с. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/navchannja/pidruchniki-ta-posibniki/mashynovykorystannja-tehnyky-v-tvarynyctvi-lekciji/>

16. Boltianska N. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. Pp. 478-480.

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

18. Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.

19. Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research: The XIV International scientific-practical conference*. Bilbao. 2020. Pp. 431-433.

Стаття надійшла до редакції 20.05.2021р.

**O. Dereza, S. Dereza**

**Tavriya State Agrotechnological University named after Dmitry Motorny**

## **USE OF MODERN ENERGY-SAVING MATERIALS AND TECHNOLOGIES IN DESIGN, CONSTRUCTION AND RECONSTRUCTION OF ANIMAL FACILITIES**

### *Summary*

Assessing the current state of domestic livestock, we can conclude that this industry is one of the most energy-intensive. At present, every enterprise is threatened by the fuel and energy crisis, as energy resources play a significant part in the cost of livestock products. Saving energy resources by reducing the energy intensity of technological processes and the transition to energy-saving technologies are important components of the unit cost of production. And since statistics over the past ten years show that the share of energy in the cost of livestock products has increased tenfold, the issue of energy savings and the introduction of energy-saving technologies will increase



output per unit of energy consumed. Each step should be aimed at reducing the cost and energy consumption per unit of livestock production.

The development of modern construction technologies in all technically developed countries of the world is aimed at developing efficient materials, the use of which is economically feasible, reduces energy costs and consumption of raw materials.

The cost of construction materials and products is 50-65% of the total construction and installation work. The ability to assess the physical and technical properties and energy efficiency of building materials and rational areas of their use in construction allows the selection of modern materials based on technical and economic analysis, taking into account operational requirements, reducing material and energy costs. By implementing construction energy management (energy efficiency), professionals can get a fuller picture, on the one hand - energy consumption in the manufacture of construction products, and, on the other - energy consumption in existing buildings. The basis for the design of energy-saving construction technologies is the modeling of energy consumption of construction processes at all stages of investment. It is also possible to increase the energy efficiency of construction by reducing energy consumption for the production of building materials.

The introduction of these measures, especially energy-saving technologies in the design, construction or reconstruction of livestock enterprises, will increase competitiveness, reduce production costs and increase industry revenues, which will be attractive to both producers and consumers.

**Key words:** livestock, energy, energy, building materials, thermal conductivity, thermal insulation.

**Е.А. Дереза, С.В. Дереза**

**Таврический государственный агротехнологический университет  
имени Дмитрия Моторного**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

### ***Аннотация***

Проведен развернутый анализ современных материалов и технологий, которые чаще всего применяются при проектировании, строительстве и реконструкции животноводческих помещений и зданий. Использование таких материалов и технологий позволит специалистам рационально проектировать наружные ограждающие конструкции помещений и зданий с учетом всех факторов, которые могут повлиять на эксплуатацию данных конструкций. Как следствие, это позволит увеличить срок эксплуатации животноводческих помещений, снизить расход тепловой энергии при их отоплении. Особенно большое внимание в статье уделяется правильному применению теплофизических законов в условиях широкого использования в строительстве новых материалов и технологий. Применение указанных материалов и технологий при проектировании, строительстве или реконструкции животноводческих предприятий, позволит повысить конкурентоспособность животноводческой продукции и снизить ее себестоимость.

**Ключевые слова:** животноводство, энергоресурсы, энергоемкость, строительные материалы, теплопроводность, теплоизоляция.





УДК: 664.681

Н. В. Новікова, к.с.-г.н.

ORCID: 0000-0002-3324-965X

О. П. Дронов, магістрант

ORCID: 0000-0002-6594-5828

*Херсонський державний аграрно-економічний університет*

e-mail: Novikova-NV@i.ua

## ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ НОВИХ ВАФЕЛЬ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

**Анотація.** Із врахуванням високої калорійності вафель актуальності набуває проблема підвищення якості та поліпшення їх споживних властивостей шляхом використання нетрадиційної сировини. Нами розроблені нові вафлі з використанням у жирових начинках суміші рослинно-вершкової олії, молока сухого знежиреного й аскорбінової кислоти, а також цінної нетрадиційної рослинної сировини: для вафель «Літні барви» – порошку з моркви (у вафельний лист), порошку з плодів клюкви, меду натурального, квіткового пилку у жирову начинку); вафель «Вітамінна феєрія» – порошку з зізіфуса (у вафельний лист), порошку з листя м'яти та абрикосів (у жирову начинку).

За рахунок внесення в рецептури нових виробів рослинних добавок було зменшено кількість загальних цукрів (зменшився вміст цукрової пудри). Також зменшилася масова частка жиру за рахунок заміни кондитерського жиру для вафельних начинок рослинно-вершковою сумішшю і кокосовою олією.

**Ключові слова:** вафлі, жирова начинка, рослинні порошки, нетрадиційна сировина.

**Постановка проблеми.** Ринок борошняних кондитерських товарів на сьогодні перебуває в стані постійного розвитку та характеризується дуже жорсткою конкуренцією. У зв'язку з цим виробникам кондитерських товарів необхідно постійно здійснювати глибокий аналіз асортименту, поліпшувати якість й споживні властивості продукції [2].

Вафлі посідають важливе місце серед усіх борошняних кондитерських виробів та мають значний попит не лише у дорослих, а й дітей [6,12].

Проблема формування оптимального асортименту та поліпшення якості продукції – одна із самих важливих у кондитерській галузі.





Пріоритетним завданням торгівлі на сучасному етапі є наповнення ринку харчових продуктів висококонкурентними товарами. Важливим аспектом слід вважати дослідження споживних властивостей й якості продукції, які є основними критеріями конкурентоспроможності. Це обумовлює зміцнення ринкової позиції продукції та прийняття оперативних комерційних рішень працюючих з нею операторів ринку.

Із врахуванням високої калорійності та низької біологічної цінності вафель актуальності також набуває проблема підвищення якості та поліпшення їх споживних властивостей шляхом використання нетрадиційної сировини, і в результаті цього – збагачення цінними макро- та мікронутрієнтами відповідно до вимог оздоровчого харчування [8,7].

*Аналіз останніх досліджень.* У зв'язку з погіршенням екологічної та соціально-економічної ситуації в Україні загострилася проблема здоров'я людей і виникла необхідність у використанні цінних компонентів сировини для розробки нових видів харчових продуктів (у тому числі вафельних тортів) із поліпшеними споживними властивостями.

Теоретичні і практичні основи в області створення продуктів підвищеної біологічної цінності та їх зберігання знайшли відображення в роботах багатьох науковців: Лозової Т. М., Сирохмана І. В., Бойдуник Р. М. [3,5]

Аналіз хімічного складу борошняних кондитерських виробів свідчить про його незбалансованість, що пов'язано з високим вмістом жирів і вуглеводів та відносно низьким – білків, харчових волокон, вітамінів, мінеральних елементів та інших біологічно активних речовин [10].

Сучасна наука про раціональне харчування передбачає використання різноманітних біологічно активних речовин, необхідних для підтримання нормальної життєдіяльності людини [1]. Джерелом біологічно активних речовин можуть бути нетрадиційні натуральні збагачувачі [9]. У цьому контексті, значної уваги заслуговують продукти з використанням місцевих сировинних ресурсів та лікарсько-технічної сировини.

Надлишкове споживання жиру й цукру спричиняє розвиток ожиріння, діабету, серцево-судинних та інших аліментарно-залежних захворювань [11]. У зв'язку з цим, у виробництві вафельних тортів актуальною проблемою є зниження цукро-і жироемності, підвищення харчової й біологічної цінності.

Новіковою Н. В., Каменєвою Р. С. [4] розроблено і запропоновано до виробництва нові вафельні торти з жировими начинками: «Маковий», «Херсонський» та «Осінній спалах» з використанням нетрадиційної сировини: порошоків трави меліси, розмарину, та ягід



червоної брусниці та малини, насіння маку, гарбуза та кербу. Доведено, що використана сировина забезпечує створення нових виробів з поліпшеними органолептичними властивостями, підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Нові вироби відрізняються підвищеним вмістом білка, меншим вмістом жирів і вуглеводів та, відповідно, нижчою на 3–6%, порівняно з контролем, енергетичною цінністю. Фізико-хімічні показники нових вафельних тортів знаходяться в межах норми.

*Формулювання цілей статті.* Метою роботи є вивчення біологічної цінності та органолептичних показників якості нових вафель з використанням нетрадиційної сировини й рослинних добавок.

*Основна частина.* Нами розроблені нові вафлі з використанням у жирових начинках суміші рослинно-вершкової олії, молока сухого знежиреного й аскорбінової кислоти, а також цінної нетрадиційної рослинної сировини: для вафель «Літні барви» – порошку з моркви (у вафельний лист), порошку з плодів клюкви, меду натурального, квіткового пилку у жирову начинку); вафель «Вітамінна феєрія» – порошку з зізіфуса (у вафельний лист), порошку з листя м'яти та абрикосів (у жирову начинку) (табл. 1).

Таблиця 1

Особливості рецептур нових вафель із жировими начинками

Основна та нетрадиційна сировина	Частка сировини (%) у рецептурі вафель	
	«Літні барви»	«Вітамінна феєрія»
Борошно пшеничне вищого гатунку	20,2	19,4
Жовтки яєчні	3,1	3,1
Сіль кухонна	0,1	0,1
Сода харчова	0,1	0,1
Порошок із моркви	1,4	-
Порошок із зізіфуса	-	6,2
Цукрова пудра	15,0	22,6
Суміш рослинно-вершкова	24,7	25,1
Кокосова олія	6,9	7,1
Молоко сухе знежирене	13,6	6,6
Порошок із клюкви	1,4	-
Порошок із лаванди	0,2	-
Мед натуральний	2,7	-
Квітковий пилок	3,1	-
Порошок з абрикосів	-	8,2
Порошок із листя м'яти	-	1,3
Аскорбінова кислота	0,1	0,1
Есенція ванільна	-	0,1

З метою поліпшення споживних властивостей у рецептурах листів



вафель «Літні барви» 1,4 % борошна пшеничного було замінено порошком із моркви, вафель «Вітамінна феєрія» – порошком із абрикосів (8,2 %).

Зведені результати дегустаційної оцінки якості нових виробів на вафельній основі представлені в табл.2.

Як видно з даних табл. 2, всі зразки вафель оцінені на «відмінно». За «зовнішній вигляд» найбільшу кількість балів отримав зразок вафель «Вітамінна феєрія» – 5,0 бала, дещо нижчу – «Літні барви» – 4,9 бала. Найбільшу кількість балів за показник «колір начинки» мали вафлі «Вітамінна феєрія» – 4,9 бала, «Літні барви» – 4,7 бала. Найбільш вагомими показниками є «запах» і «смак». За показником «запах» вафлі «Літні барви» оцінені на 8,2 бала, «Вітамінна феєрія» – по 8,0 бала. За показником «смак» зразки дослідних вафель оцінені однаково – по 4,90 бала.

Таблиця 2

Зведена дегустаційна оцінка якості нових вафель, бали  $p \leq 0,05$

Показник якості	Коефіцієнт значимості	Дослідні зразки вафель	
		«Літні барви»	«Вітамінна феєрія»
1. Зовнішній вигляд			
1.1. Форма	1	4,9±0,25	5,0±0,25
1.2. Поверхня	1	5,0±0,25	5,0±0,25
2. Колір			
2.1. Колір вафельного листа	1	4,9±0,25	4,9±0,25
2.2. Колір начинки	1	4,7±0,24	4,8±0,24
3. Вигляд на зломі			
3.1. Якість вафельного листа	1,5	7,35±0,42	7,5±0,45
3.2. Консистенція	1	4,7±0,24	4,6±0,23
3.3. Розподіл начинки	1	4,5±0,23	4,5±0,23
4. Якість начинки	1,5	6,6±0,34	6,15±0,32
5. Запах	2	8,2±0,43	8,0±0,42
6. Смак	2	9,6±0,48	9,6±0,48

Отже, результатами досліджень встановлено, що органолептичні і показники відповідали встановленим чинним стандартам вимогам, без відхилень. Така продукція збагачена корисними сполуками, у тому числі вітамінами, мінеральними речовинами, цукрами, органічними кислотами, харчовими волокнами, фенольними сполуками.

Крім того, завданням наших досліджень було також порівняння

органолептичних показників нових вафель, що видно з профілограми (рис. 1.).

За рахунок внесення рослинних добавок у рецептури вафельних листів нові вироби мали привабливий відповідний колір, що не знизило оцінку виробів. Вафлі «Літні барви» та «Вітамінна феєрія» мали приємний помаранчевий колір листів за рахунок внесення у вафельне тісто порошку з абрикосів (6,6 %) та моркви (5,0 %). Описані рослинні добавки дещо погіршили хрусткість вафель. Використання нетрадиційної сировини в жирових начинках нових вафель підвищило органолептичні властивості виробів.

Зразки вафель «Літні барви» за смаком і запахом були оцінені найвищими балами. У даних дослідних вафлях смак начинки доповнюють нетрадиційні інгредієнти, в тому числі натуральним медом та квітковим пилюком, що надає начинці специфічного приємного присмаку. Сухе молоко, есенція ванільна та м'ята – складники начинки вафель «Вітамінна феєрія» – пом'якшили смак абрикос та надали виробу приємного аромату.

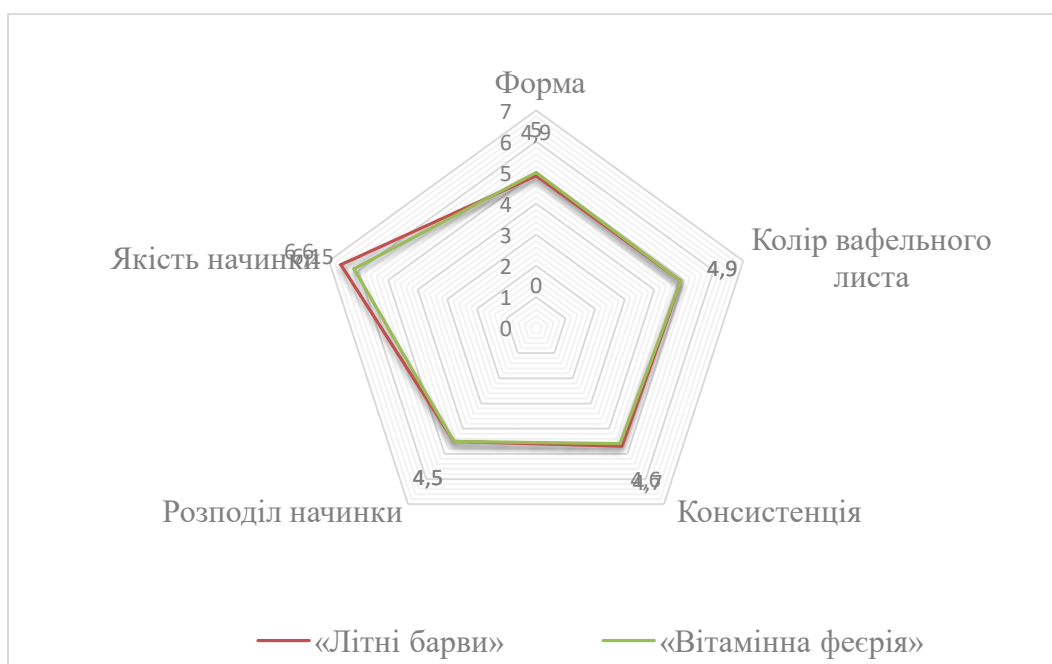


Рисунок 1. Профілограма органолептичних показників вафель «Літні барви» та «Вітамінна феєрія»

За рахунок внесення в рецептури нових виробів нетрадиційної сировини і рослинних добавок було зменшено кількість загальних цукрів (зменшився вміст цукрової пудри). Також зменшилася масова частка жиру за рахунок заміни кондитерського жиру для вафельних начинок рослинно-вершковою сумішшю і кокосовою олією.



Таблиця 3

Фізико-хімічні показники нових вафель,  $p \leq 0,05$ ;  $n=3$ 

Назва показника	Дослідні зразки вафель		
	Контроль	«Літні барви»	«Вітамінна феєрія»
Масова частка загального цукру за сахарозою, в перерахунку на суху речовину, %	39,76±1,0	27,86±1,0	26,74±0,5
Масова частка жиру в перерахунку на суху речовину, %	29,92±1,0	26,88±1,0	28,29±1,5
Масова частка вологи, %	1,67±0,25	6,54±0,25	5,23±0,25
Масова частка золи, нерозчинної в розчині з масовою часткою соляної кислоти 10 %, %	0,1±0,01	0,1±0,01	0,1±0,01

Вологість нових зразків вафель і вафельних листів була дещо вищою за контроль, але в межах установлених норм. У підсумку, зразки вафель із жировими начинками відповідають вимогам нормативної документації за фізико-хімічними показниками.

#### Висновки.

1. Аналіз наукових праць свідчить про необхідність і доцільність пошуків способів поліпшення споживних властивостей і збереженості вафель шляхом використання нетрадиційної сировини з високим вмістом мікронутрієнтів.

2. З метою підвищення біологічної цінності вафель було розроблено дві нові рецептури вафель «Літні барви» та «Вітамінна феєрія» з додаванням нетрадиційної сировини.

3. Експериментально доведено, що вафлі з жировими начинками завдяки введенню в їх начинки сухих порошоків із плодів абрикос, моркви, зизифусу та м'яти характеризуються меншою кількістю цукрів та жирів у порівнянні з контролем.

#### Список використаних джерел

1. Богатырёв А. Н., Макеева И. А. Проблемы и перспективы в производстве натуральных продуктов питания. *Пищевая промышленность*. 2014. № 2. С. 8.

2. Бочкарёв М. С., Бочкарева К. А. Разработка рецептуры пищевого концентрата. *Кондитерское и хлебопекарское производство*. 2013. № 7–8. С. 49–50.



3. Лозова Т. М., Сирохман І. В. Наукове обґрунтування поліпшення споживних властивостей борошняних кондитерських виробів з використанням природної нетрадиційної сировини: монографія. Львів, 2017. 328 с.
4. Новікова Н. В. Використання нетрадиційної сировини для поліпшення споживних властивостей тортів на вафельній основі. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2020. № 2. С. 48–54. DOI: 10.35546/kntu2078-4481.2020.2.5.
5. Сирохман І. В., Бойдуник Р. М. Напрями підвищення харчової цінності і стійкості у зберіганні кондитерських виробів на вафельній основі. *Науковий вісник Львівського нац. ун-ту ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького*. 2008. № 3 (38). С. 284–289.
6. Тарасенко Н. А. Вафли пониженной калорийности с использованием пищевых волокон и стевиозида. *Продукты&ингредиенты*. 2013. № 7. С. 22–24.
7. Черевко О., Головка О. Функціональні харчові продукти. *Харчова і переробна промисловість*. 2006. № 6. С. 16–25.
8. Ashwell M. Diet and heart Disease. London: Springer Science & Business Media, 2005. 96 p.
9. Boatella J. Isomeric trans fatty acids in the Spanish diet and their relationships with changes in fat intake patterns. *European Journal of Clinical Nutrition*. 1993. Vol. 47, Suppl 1. P. 62-65.
10. Grundy S. M. Trans monoun saturated fatty acids and some cholesterol levels. *Med*. 1990. Vol. 323, № 7. P. 480-481. DOI: 10.1056/NEJM199008163230711.
11. Finley J. W. The nexus of food, energy, and water. *Agric Food Chem*. 2014. Vol. 62, № 27. P. 6255–6262. DOI: 10.1021/jf501496r.
12. Chuman Z., Xiaojun Y. L. W., Liti Z. Antioxidant effect of flavonoids extracted from rosehip seeds on edible oils. *Zhongguo youzhi China Oils and Fats*. 2010. Vol. 35, № 1. P. 44-46.

Стаття надійшла до редакції 15.02.2021р.

**N.V. Novikova, O.P. Dronov**  
**Kherson state agricultural university**

## **DETERMINATION OF PHYSICOCHEMICAL AND ORGANOLEPTIC QUALITY INDICATORS OF NEW FUNCTIONAL PURPOSES**

### *Summary*

The problem of forming the optimal range and improving product quality is one of the most important in the confectionery industry. Given the high caloric content and low biological value of waffles, the problem of improving the quality and improving their consumer properties through the use of non-traditional raw materials also becomes relevant. Due to the deteriorating environmental and socio-economic situation in Ukraine,





the problem of human health has become more acute and there is a need to use valuable components of raw materials for the development of new foods with improved consumer properties.

We have developed new waffles using a mixture of vegetable oil, skimmed milk powder and ascorbic acid, as well as valuable non-traditional vegetable raw materials in fat fillings: for waffles "Summer colors" - carrot powder (in waffle leaf), cranberry powder, natural honey, flower pollen in a fatty filling); Vitamin extravaganza waffle - jujube powder (in waffle sheet), mint and apricot leaf powder (in fat filling) In order to improve the consumer properties in the recipes of sheets of waffles "Summer Colors" 1.4% of wheat flour was replaced by carrot powder, waffles "Vitamin extravaganza" - apricot powder (8.2%). All waffle samples are rated "excellent". For the "appearance" the highest number of points received a waffle "Vitamin extravaganza" - 5.0 points, slightly lower - "Summer colors" - 4.9 points. The highest number of points for the indicator "color of the filling" had waffles "Vitamin extravaganza" - 4.9 points, "Summer colors" - 4.7 points. The most important indicators are "smell" and "taste". According to the indicator "smell" waffles "Summer colors" are estimated at 8.2 points, "Vitamin extravaganza" - 8.0 points. According to the indicator of "taste", the samples of the experimental waffles were evaluated in the same way - 4.90 points each. Due to the introduction of new products of non-traditional raw materials and plant additives, the amount of total sugars was reduced (the content of powdered sugar decreased). The mass fraction of fat also decreased due to the replacement of confectionery fat for waffle fillings with vegetable-cream mixture and coconut oil.

**Key words:** waffles, fat filling, vegetable powders, unconventional raw materials.

**Н.В. Новикова, А. П. Дронов**

**Херсонский государственный аграрно-экономический университет**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО – ХИМИЧЕСКИХ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НОВЫХ ВАФЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

### **Аннотация**

С учетом высокой калорийности вафель актуальность приобретает проблема повышения качества и улучшения их потребительских свойств путем использования нетрадиционного сырья. Нами разработаны новые вафли с использованием в жировой начинке смеси растительно-сливочного масла, молока сухого обезжиренного и аскорбиновой кислоты, а также ценного нетрадиционного растительного сырья: для вафель «Летние краски» - порошка из моркови (в вафельный лист), порошка из плодов клюквы, меда натурального, цветочной пыльцы (в жировую начинку) вафель «Витаминная феерия» - порошка из зизифуса (в вафельный лист), порошка из листьев мяты и абрикосов (в жировую начинку).

За счет внесения в рецептуры новых изделий растительных добавок было уменьшено количество общих сахаров (уменьшилось содержание сахарной пудры). Также уменьшилась массовая доля жира за счет замены кондитерского жира для вафельных начинок растительно-сливочной смесью и кокосовым маслом.

**Ключевые слова:** вафли, жировая начинка, растительные порошки, нетрадиционная сырье.



УДК 634.8:664.8/9

О.В. Дзюндзя, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-1996-7065

*Херсонський державний аграрно-економічний університет*

e-mail: Dzokvaok@gmail.com

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВИНОГРАДНОГО ЛИСТА В КОНСЕРВНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

**Анотація.** Перспективною сировиною для промислової переробки і виробництва консервованого напівфабрикату є виноградний лист. Метою роботи було дослідити листя локальних технічних сортів винограду і визначити можливість його переробки. Аналіз літературних даних вказав про необхідність вивчення лише світлих сортів, зважаючи на це були проаналізовані 6 технічних сортів винограду: Шардоне, Рислінг, Ркацителі, Іршаї олівер, Мускат одеський, Трамінір рожевий. Основною вимогою до листя була його форма, за даним параметром найкращими були зразки Мускату одеського, Рислінгу та Ркацителі. Дослідна партія була консервована ферментативним методом. Встановлено, що консервована продукція має гарні органолептичні та мікробіологічними показники. Запропонована технологія дає можливість розширити асортимент консервованої продукції і є перспективною для реалізації в закладах ресторанного господарства.

**Ключові слова:** виноградне листя, консервація, органолептичні показники, мікробіологічні показники.

**Постановка проблеми.** Консерви займають вагому частку продукції, що випускається харчовими підприємствами. Асортимент консервованої рослинної продукції в основному представлений:

- консервованими та маринованими овочами і фруктами;
- овочевими обідніми консервами;
- соками, варенням, джемами;
- концентрованими томатопродуктами, соусами тощо.

Однак не зважаючи на значний асортимент існує значна ніша яку могли б зайняти консервовані напівфабрикати. Тому, зважаючи на швидкі темпи розвитку економіки і попит на не традиційну і нову продукцію виробникам постійно необхідно розширювати асортимент і слідкувати за сучасними тенденціями та інноваціями в галузі.

Традиційно південь України займається вирощуванням різноманітних сільськогосподарських культур, а завдяки інтродукції та



селекції асортимент постійно урізноманітнюється і перед виробниками постає питання переробки і виробництва нової продукції, в тому числі консервованої. Перспективною для невеликих консервних підприємств сировиною є виноградне листя, яке є одним із інгредієнтів страв характерних для країн Південної Європи (Греція, Туреччина, Болгарія, Молдова, та ін.) діаспори яких проживають в Україні [1-5].

Зважаючи на це розширення асортименту консервованої продукції за рахунок виробництва в промислових масштабах напівфабрикату з консервованого листя винограду матиме попит не лише для населення, а й користуватиметься попитом в закладах ресторанного господарства, що спеціалізуються на етнічних кухнях.

*Аналіз останніх досліджень.* Зазвичай в їжу використовують свіже листя, зібране з рослин, які не були оброблені антикриптогамними речовинами. В іншому випадку щоб гарантувати їх доступність цілий рік, їх солять і зберігають у контейнерах в розсолі, бланшованими та готовими до використання. Виноградне листя може доповнювати страви і поєднуватися як з фруктами так і овочами. Відповідно до літературних даних листя вживається не лише як оболонка чи доповнення, а й додається до рослинних сумішей у вигляді настояних чаїв

Як і фрукти, листя містять корисні речовини, такі як органічні кислоти, вуглеводи, стильбени (ресвератрол), вітаміни, антоціани та дубильні речовини [6]. У листі виноградної лози також є кілька ферментативних речовин, що здатні стимулювати жовчну секрецію. Враховуючи наявність такої кількості корисних речовин доведено, що листя має властивості антиоксидантів, антиартеросклеротиків, цитопротекторів, гепатопротекторів та кардіопротекторів [7].

Представниками науково-практичного інституту садівництва, виноградарства і харчових технологій (Молдова) проведені дослідження листя винограду локальних сортів Молдови (Аліготе, Ркацетелі, Кобасна, Шасла, Хібернал, Ромулус, Перла де Чаба). Досліджено три методи консервування виноградного листя, а саме: сухим способом (листя закручуються і закладаються в суху тару і щільно закупорюються), методом ферментуванням і методом заморожування.

Дослідженнями фізико-хімічних показників встановлено, що свіжих виноградних листах міститься досить велика кількість заліза, калію, вітаміну С,  $\beta$ -каротину, а вміст важких металів (свинець, кадмій, мідь і цинк) знаходиться в межах норми. Гарними були зразки листя винограду (районування Молдова) консервовані сухим способом і методом ферментуванням сортів Аліготе, Ркацетелі, Хібернал, Перла де Чаба, Ромулус [8].



Науковцями з Туреччини [9] досліджено термін придатності (консервованих) фаршированих виноградних листів (ФВЛ) які визначали шляхом проведення прискорених тестів на термін придатності. Зміни в кольорі, текстурі, гідролітичної прогірклості і  $p$ -значень анізидіна консервів ФВЛ зберігають при 25 С, 35 С, і 45 С були оцінені.

Зміни значень  $L^*$  та  $p$ -анізидину найкраще підходили до кінетики нульового порядку, тоді як зміни *відтінку* і значення гідролітичної прогорклості відповідали кінетиці першого порядку. Зміни текстурних властивостей консервованих зразків ФВЛ не відповідали жодній хімічно-кінетичній моделі. Значне зменшення значень твердості та жувальності спостерігалось у консервованих зразках ФВЛ, що зберігалися при 35 °С та 45 °С протягом всього періоду зберігання.

Враховуючи широке використання виноградного листа в традиційній турецькій кухні науковцями [10] досліджено вплив методів консервації на загальний вміст фенолів, флавоноїдів та антиоксидантну здатність.

Це дослідження дало можливість визначити вплив різних методів консервації, таких як консервування та заморожування, на загальний вміст флавоноїдів, загальний вміст фенолів та антиоксидантну активність на листі виноградної лози, які можна вживати як ліки, чи як їжу. Фітохімічний скринінг проводили із застосуванням стандартних аналітичних методів; антиоксидантну активність визначали методом реагентів 2,2-дифеніл-1-пікрил-гідразилгідрату; і загальний вміст флавоноїдів та загальний вміст фенолів визначали за допомогою стандартного стандартного методу рутину та методу Фоліна-Чіокальтеу, відповідно.

Фітохімічний вміст усіх досліджуваних екстрактів листа виноградної лози був однаковим. Екстракт свіжого листа показав найвищу антиоксидантну здатність, а також загальний вміст фенолів та флавоноїдів. Далі слідував заморожений екстракт листа, тоді як консервований екстракт листа демонстрував нижчу антиоксидантну здатність і знижував вміст фенольних і флавоноїдів.

Встановлено, що методи консервування та заморожування виноградного листа не мали шкідливого впливу на загальну антиоксидантну здатність, а також загальний вміст фенолів та флавоноїдів. Тому ці методи можна використовувати для приготування нутрицевтичних, космецевтичних та фармацевтичних добавок. Також науковцями встановлено, що консервація економічно та екологічно вигідніша, так як зберігання та використання консервованого листа простіше, ніж свіжого та замороженого листа.

Відомі дослідження [11] впливу різних сортів винограду на біоактивні властивості, фенольний склад та мінеральний вміст



виноградного листа. Встановлено, що листя виноградної лози багате на цукор, органічні кислоти та фенольні сполуки.

Відомі дослідження [5] листя *виноградної* лози (*Vitis vinifera* L. var. *Malvasia Fina* та *Touriga Franca*) яке зазнало термічної кулінарної обробки (бланшування та варіння впродовж 60, 75 та 90 хв.). У досліджуваних зразках вивчали зміни кольору, пігментів та зміни летючих фракцій. Бланшування та варіння спричинили зменшення яскравості кольору та втрату зеленого забарвлення у обох сортів, тоді як виник жовто-коричневий колір.

Виявленні суттєві кореляційні зв'язки між втратою зеленого кольору (монохроматична змінна  $a^*$ ) та загальним вмістом хлорофілів. Основні фітонциди у свіжих листках [(*Z*) -3-гексенал, (*Z*) -3-гексен-1-ол та (*Z*) -3-гексенілацетат] різко зменшуються шляхом бланшування та пригнічуються під час варіння. Встановлено, що бланшування знижує вміст хлорофілу та збільшує вміст каротиноїдів. Інші сполуки, такі як пентанал та 6-метил-5-гептен-2, виникли в результаті бланшування та варіння.

Встановлено, що тривалість варіння впродовж 60 хв є достатньою для кулінарної готовності листя, оскільки продукт вважається їстівним, а пігменти та леткі зміни не настільки різкі, як це спостерігається при варінні впродовж 75 і 90 хв.

Також науковцями [12] були проведені дослідження і порівняно хімічний (*Barbera*, *Sabernet* Совін'йон, *Гренаш*, *Неббіоло*, *Піно Нуар* і *Сіра*). Також *in vitro* було протестовано вплив листя на шлунково-кишкове травлення і на загальний вміст фенолу та знешкодження активних радикалів до і після травлення.

Встановлено, що поживна цінність, вміст біоактивних сполук та відповідна антиоксидантна здатність залежить від сорту винограду. Виноградне листя багате на біоактивні сполуки і може бути джерелом біологічно доступних поліфенолів з високою антиоксидантною здатністю.

Незважаючи на значні переваги і численні дослідження за кордоном виноградне листя українського походження як харчовий інгредієнт і перспективна сировина для консервної промисловості досліджено не було.

*Формулювання мети статті.* Метою дослідження є вивчення виноградного листа та дослідження способів його консервування.

Предмет дослідження виноградне листя сортів Шардоне, Рислінг, Ркацителі, Іршаї олівер, Мускат одеський, Трамінер рожевий вирощених у фермерському (селянському) господарстві «Курінь», яке знаходиться у Херсонській області (Україна) [13].

Відповідно до мети поставленні наступні завдання:

- здійснити аналіз листя винограду різних сортів;





- здійснити аналіз консервованого листа з винограду.

*Основна частина.* Південь України характеризується значним різноманіттям сільськогосподарських культур, однією з яких є виноград. За природним районуванням, на території України виділено 15 виноградарських зон (макрозон), які є основою для сорторайонування, і 58 природно-виноградарських районів (мікрозони) які займають значну територію – Одеська область - 38,95 тис. га, Миколаївська область – 6,01 тис.га, Херсонська область - 5,1 тис. га.

Виноград буває двох типів: столових та технічних сортів, а харчовою галуззю використовуються лише ягоди. Однак не менш цікавою і корисною сировинною є виноградний лист, що є основою для приготування долми ( сармале, толми).

Проаналізувавши дослідження іноземних науковців та опираючись на кулінарні традиції національній меншин, що мешкають на Херсонщині, встановлено, що оптимальним періодом для збору і промислової переробки листа консервними підприємствами є період цвітіння винограду (травень-червень). Саме в цей час формується грона винограду і більшість сільського господарських угідь здійснюють формування крони з видаленням небажаного з точки зору агрономії лишньої лози і листа, яке в свою чергу можна використовувати в харчовій промисловості.

Виноградне листя – цінна з точки зору гастрономії сировина яка має незначну калорійність (93 ккал) і містить значну кількість поживних речовин (вітаміни групи В, К, А, Е, РР, аскорбінову кислоту, бета-каротин, калій і кальцій, магній, натрій, цинк, мідь і марганець, фосфор, селен тощо).

Зважаючи на цінність сировини, було проведено дослідження з переробки листа винограду світлих сортів (рис. 1), зразки мали гарний зовнішній вигляд, особлива увага приділялася відсутності ознак будь-яких захворювань винограду. Розмір листів становив 80-100 мм в діаметрі.

Були проаналізовані 6 технічних сортів винограду: Шардоне, Рислінг, Ркацителі, Іршаї Олівер, Мускат одеський, Трамінер рожевий. Основною вимогою до листа була його форма (рис. 1), за даним параметром найкращими були зразки Мускату одеського, Рислінгу та Ркацителі.





а)

б)

в)

а) – даний зразок не підходить для промислової переробки і для виробництва долми.

б) і в) – дані зразки підходять для промислової переробки і виробництва консервованого листа з винограду.

Рисунок 1. Зразки виноградного листа

Враховуючи іноземну практику [8, 10] спосіб консервації було обрано ферментативний (рис. 2, рис. 3).

Середня вага консервованого виноградного листа нетто в банці (0,5л) становить  $\pm 250$  г.

Дослідні зразки консервованого листа мали гарний зовнішній вигляд, були еластичними і міцними. Приготовані з них голубці (долма) мали гарні органолептичні показники.



а)



б)

Рисунок 2. Зображення консервованого виноградного листа.

Визначивши оптимальні сорти виноградного листа для консервування і отримавши гарні органолептичні показники готової консервованої продукції наступним етапом стало дослідження показників безпечності. З цією метою були проведенні мікробіологічні дослідження консервованого напівфабрикату (табл.1).



Рисунок 3. Блок-схема виробництва консервованого виноградного листа

Таблиця 1

## Мікробіологічні показники консервованого виноградного листа

Найменування показника	За нормативом	Дослідні зразки, тривалість зберігання			
		1 місяць	3 місяць	6 місяць	9 місяць
Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО/г, не більше	$5,4 \times 10^1$	$5,0 \times 10^1$	$5,0 \times 10^1$	$5,0 \times 10^1$	$5,0 \times 10^1$
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), в 0,1 г продукту	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду Сальмонела, в 25 г продукту	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Сульфитредукувальні клостридії в 0,1 г продукту	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Дріжджі, КУО/см, не більше	$<1 \times 10$	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Плісняви КУО/ см, не більше	$<3,3 \times 10$	$<2 \times 10$	$<2 \times 10$	$<2 \times 10$	$<2 \times 10$



Відповідно до даних таблиці 1, дослідні зразки консервованого листа за мікробіологічними показниками відповідають вимогам безпечності впродовж тривалого строку зберігання.

*Висновок.* За результатами проведеного дослідження встановлено, що перспективними для промислової переробки і виробництва консервованого напівфабрикату виноградного листа є сорти Мускату одеського, Рислінгу та Ркацителі.

Встановлено, що консервована продукція має гарні органолептичні та мікробіологічними показники.

Запропонована технологія дає можливість розширити асортимент консервованої продукції і є перспективною для реалізації в закладах ресторанного господарства.

Перспективою подальших досліджень є більш детальні дослідження хімічних показників даної сировини і апробація в умовах підприємствах консервної промисловості.

#### Список використаних джерел

1. Research on factors for the development and preference of grape foods in Seoul and Gyeonggi province / M. Y. Park et al. *The Korean Society of Community Living Science*, 2011. Vol. 22. P. 417-427.

2. Sat I. G., Sengul M., Keles F. Use of grape leaves in canned food. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2002. Vol. 1. P. 257-262.

3. Technological aspects of by-product utilization / A. E. Bekhit et al. M. Bordiga (Ed.). *Valorization of wine making byproducts*. CRC Press, 2016. P. 117-198.

4. Lima A., Bento A., Baraldi I., Malheiro R. Selection of grapevine leaf varieties for culinary process based on phytochemical composition and antioxidant properties. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 212. P. 291- 295. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.05.177.

5. Lima A., Pereira J. A., Baraldi I., Malheiro R. Cooking impact in color, pigments and volatile composition of grapevine leaves (*Vitis vinifera* L. var. Malvasia Fina and Touriga Franca). *Food Chemistry*. 2017. Vol. 221. P. 1197-1205. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.11.039.

6. Characterization of the phenolic content of leaves and green pruning residues of sixteen cultivars of *Vitis vinifera* L. / S. Acquadro et al. *Atti del 113° Congresso della Società Botanica Italiana, Communication N.15*. 2018.

7. NMR-based phytochemical analysis of *Vitis vinifera* cv Falanghina leaves. Characterization of a previously undescribed biflavonoid with antiproliferative activity / L. Tartaglione et al. *Fitoterapia*. 2018. Vol. 125. P. 13-17. DOI: 10.1016/j.fitote.2017.12.009.

8. Виноградный лист и способы его консервирования / Г. Н. Терентьева и др. *Овощи России*, 2015. № 1. С. 64-67.



9. Secer O. M., Guneser B. A., Guneser O. Prediction of shelf-life and kinetics of quality changes in canned stuffed grape leaves. *LWT- Food Science and Technology*. 2020. Vol. 132, № 4. P. 109850. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109850.

10. Jaradat N. A., Zaid A. N., Hussen F., Ali I. The effects of preservation methods of grapevine leaves on total phenols, total flavonoids and antioxidant activity. *Marmara Pharmaceutical Journal*. 2017. DOI: 10.12991/MPJ.58769.

11. Banjanin T., Uslu N., Vasic Z. R., Özcan M. M. Effect of grape varieties on bioactive properties, phenolic composition and mineral contents of different grape-vine leaves. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020. P. 15159. DOI: 10.1111/jfpp.15159.

12. Peiretti P. G., Barbosa-Pereira L., Zeppa G., Tassone S. Nutritive value, total phenolic content and radical scavenging activity before and after digestion of the leaves of six grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Grapevines at a Glance*. Nova Science Publishers, Inc. 2019. P. 91-109.

13. Воєвода Н. В., Шинкарук М. В., Панасенко М. М. Перспективи використання нових сортів винограду у виробництві вин в умовах фермерського (селянського) господарства «Курінь». *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Сер. Технічні науки*. Київ, 2020. Т. 31 (70), № 5. С. 178-183. DOI: 10.32838/2663-5941/2020.5/29.

Стаття надійшла до редакції 23.02.2021р.

**O.V. Dzyundzya**  
**Kherson state agricultural university**

## **PROSPECTS FOR THE USE OF GRAPE LEAF IN THE CANNING INDUSTRY**

### *Summary*

A promising raw material for industrial processing and production of canned semi-finished products is grape leaf. The aim of the work was to study the leaves of local (southern region of Ukraine) technical varieties of grapes and to determine the possibility of its processing. It is established that in many countries grape leaf is widely used in food and is widely used in the form of canned food. It was found that grape leaf has a low caloric content (93 kcal) and contains a significant amount of nutrients (vitamins B, K, A, E, PP, ascorbic acid, beta-carotene, Potassium and Calcium, Magnesium, Sodium, Zinc, Copper and Manganese, Phosphorus, Selenium, etc.). The south of Ukraine is characterized by a significant number of vineyards, so it is advisable to use valuable raw materials. It is established that only light grape leaves are recommended for canning. In view of this, 6 local technical varieties of grapes were analyzed: Chardonnay, Riesling, Rkatsiteli, Irshai Oliver, Muscat Odessa, Traminer pink. The main requirement for the leaves was its shape, according to this parameter the best were the samples of Odessa Muscat, Riesling and Rkatsiteli. The prototypes had a good appearance, special attention was paid to the absence of signs of any diseases of grapes. The size of the sheets was 80-



100 mm in diameter. The experimental batch was preserved by enzymatic method. It is established that canned products have good organoleptic and microbiological indicators. The proposed technology makes it possible to expand the range of canned products and is promising for sale in restaurants. The prospect of further research is a more detailed study of the chemical properties of these raw materials and testing in the canning industry.

**Key words:** grape leaves, conservation, organoleptic indicators, microbiological indicators.

**О.В. Дзюндзя**

**Херсонский государственный аграрно-экономический университет**

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИНОГРАДНЫХ ЛИСТЬЕВ В КОНСЕРВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

### *Анотация*

Перспективным сырьем для промышленной переработки и производства консервированных полуфабрикатов является виноградный лист. Целью работы было исследовать листья локальных технических сортов винограда и определить возможность его переработки. Анализ литературных данных указал на необходимость изучения лишь светлых сортов. Были проанализированы 6 технических сортов винограда: Шардоне, Рислинг, Ркацители, Иршаи Оливер, мускат Одесский, Траминер розовый. Основным требованием к листу была его форма, лучшими были образцы Муската одесского, Рислинга и Ркацители. Определено, что консервированная продукция ферментативным методом имеет хорошие органолептические и микробиологические показатели. Предложенная технология дает возможность расширить ассортимент консервированной продукции и является перспективной для реализации в заведениях ресторанного хозяйства.

**Ключевые слова:** виноградные листья, консервация, органолептические показатели, микробиологические показатели.





УДК 637.521.4:614.31

І.О. Ряполова, к.с.-г. н.

ORCID: 0000-0002-7672-6639

Т.В. Плохенко, магістр

*Херсонський державний аграрно – економічний університет*

e-mail: ryapolovairina11@gmail.com

## САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНИЙ КОНТРОЛЬ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ КУЛІНАРНИХ ВИРОБІВ

**Анотація.** У статті наведено результати досліджень м'ясної сировини яка надходить до закладів ресторанного господарства за мікробіологічними показниками. До готових виробів висувають високі вимоги: безпечність та якість продукції, добрі смакові властивості та привабливий зовнішній вигляд. Результати наших досліджень свідчать, що показник загального мікробного числа для яловичини та свинини знаходився у межах норми і відповідно за ступенем свіжості м'ясо віднесено до свіжого. М'ясо курки за результатами бактеріоскопії та реакції з сульфатом міді віднесено до сумнівної свіжості, крім того виявлено кількість мікроорганізмів, що перевищує нормативні значення. Такі показники є передумовою для визнання даної м'ясної сировини як непридатної для м'ясних кулінарних виробів.

Також ми визначили найбільш суттєві ризики біологічної природи під час приготування біфштексів з яловичини і встановили критичні точки контролю (КТК). Так, першою КТК є прийом сировини, другою – зберігання в умовах закладу, третьою - нарізання м'яса на шматки, четвертою – перемішування всіх інгредієнтів, п'ятою – термічна обробка.

**Ключові слова:** м'ясна сировина, санітарно – гігієнічний контроль, біологічні ризики, мікробіологічні показники, технологічна схема

**Постановка проблеми.** Традиційними стравами які подають у закладах ресторанного господарства є м'ясні кулінарні вироби. Крім високих смакових властивостей, привабливого зовнішнього вигляду, харчової цінності вони повинні бути безпечними для споживання. Перші три властивості виробів досягаються знаннями і вміннями технологів, кухарів, а про безпечність виробів необхідно дбати ще під час отримання м'ясної сировини. Це досягається превентивними засобами які здійснюються під час ветеринарно – санітарного контролю.





Виробництво і продаж якісної та безпечної харчової продукції з максимально збереженими незамінними харчовими речовинами – це проблема не тільки споживча, технічна, але й економічна, соціальна та політична [1]. Вимоги до безпечності м'ясної сировини висвітлені у низці нормативних документів, які формують стратегію «Єдиного здоров'я» і побудовані на принципах контролю небезпечних чинників, які можуть виникнути під час технологічного процесу виробництва харчових продуктів.

У зв'язку з цим, гостро постають проблеми, пов'язані з підвищенням відповідальності за ефективність та об'єктивність контролю якості сировини, дотримання правил ведення технологічних процесів переробки, пакування, зберігання сировини та нормативів зберігання і реалізації готових продуктів.

*Аналіз останніх досліджень.* Основними причинами інцидентів, викликаних їжею, є: погана якість сировини, невірне поводження з сировиною, зміни у формулі продукції, зміни в процесі виробництва продукції, перехресне забруднення, невідповідна прибирання та чистка, невідповідне обслуговування, додавання неправильних компонентів [2]. Під час виробництва продукції необхідно керуватися принципами належної гігієнічної практики та практикою послідовності технологічних процесів.

Ветеринарна наука та наука про гігієну м'яса для забезпечення споживчої корисності та безпеки свіжого м'яса має застосовуватися по всьому ланцюгу харчування, починаючи з господарства постачальника тварин. Стандарти Codex Alimentarius містять вимоги до продовольства, які покликані забезпечити споживача, корисним продовольчим продуктом, правильно представленим і захищеним від підробок. Цей Кодекс, разом із Кодексом про передсмертне та посмертне обстеження забійної худоби, наводить вимоги, що потрібні для досягнення цієї мети. Традиційні практики можуть дозволити відхід від деяких наведених положень, якщо м'ясо виробляється для потреб місцевої торгівлі [3].

Певні рівні мікробного зараження є неминучими в умовах бойні. Так, рівень мікробіологічного забруднення інструментів, рук забійника, поверхні столу для огляду ліверу, стін, повітря в процесі роботи може збільшуватися більш ніж у три рази, порівняно з початковим рівнем [4]. Тому технічні засоби, що використовуються, повинні забезпечувати такі умови розбирання та подальшої обробки, щоб мінімізувати забруднення м'яса [5].

В. В. Косянчук та ін. [6] зазначають, що «... для встановлення відповідного стану гігієни виробничого процесу, необхідно визначити загальний рівень занасінення туш мікроорганізмами, та мікроорганізмами родини Enterobacteriaceae. Підрахунок цих



мікроорганізмів, які зазвичай називаються індикаторними мікроорганізмами передбачає визначення рівня санітарного стану туш та гігієни на забійному чи м'ясопереробному підприємстві, а також дає можливість для прогнозування появи патогенних мікроорганізмів». Найбільш інформативними в цьому плані є бактерії родини Enterobacteriaceae, оскільки до її складу входить багато видів бактерій, і в тому числі такі, як сальмонели та ентеропатогенні штами E.coli, що є небезпечними для людей. В Україні також затверджені мікробіологічні критерії для встановлення показників безпечності харчових продуктів [7], які затверджені згідно регламенту ЄС.

*Формулювання цілей статті.* Метою нашої роботи є санітарно – гігієнічний контроль та мікробіологічний аналіз сировини яку використовують для виробництва м'ясної кулінарної продукції у закладі ресторанного господарства міста.

Від якості м'ясної сировини залежить якість готових виробів, а від умов виробництва безпечність готової продукції для споживача.

Потрапляння мікроорганізмів у продукт може відбуватися різним шляхами та на різних етапах виробництва (при вирощуванні сировини, переробці продукту, а також під час його зберігання або транспортування). Джерелами мікроорганізмів може бути повітря, вода, ґрунт, людина та тварини. Серед умов, які сприяють потраплянню мікробів до продукту, можна перерахувати: недотримання санітарно-епідеміологічних норм виробництва, забруднення техніки або рук працівників, які оброблюють сировину, тощо [8, 9, 10]. При забрудненні продукту мікробіологічними компонентами показником їх кількості вважають кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (визначається у колонієутворюючих одиницях – КУО на 1 г). Така їх кількість визначається за допомогою підрахунку колоній при посіві на поживні середовища та регламентується Міжнародною організацією зі стандартизації методів мікробіологічного аналізу (International Standart Organisation – ISO).

*Основна частина.* М'ясо у заклади ресторанного господарства надходить від постачальників в охолодженому вигляді шматками не менше 5 кг (свинина, яловичина), курятина у вигляді філе. Для визначення ступеню свіжості та загального мікробного забруднення сировини ми зробили мазки відбитків з м'яса, поставили реакцію з сульфатом міді, зробили висів на поживний агар та на агар Ендо для виявлення бактерій групи кишкової палички.

Результати наших досліджень свідчать, що показник загального мікробного числа для яловичини та свинини знаходився у межах норми і відповідно за ступенем свіжості м'ясо віднесено до свіжого (табл. 1).



Таблиця 1

## Показники забруднення м'яса мікрофлорою

Показник	Припустимі рівні	Вид м'яса		
		Яловичина	Свинина	Курятина
КМАФаМ (КУО), тис у 1 гр	$5,0 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$	$2,8 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$
БГКП у 10 гр	Не припустимо	Не виявлено	Не виявлено	2,3
Сульфітредукуючі клостридії в 0,01 гр	Не припустимо	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми в т.ч. сальмонели в 25гр	Не припустимо	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Ступінь свіжості за бактеріоскопією	Для свіжого м'яса: до 10 клітин у полі зору	$\geq 8$ у полі зору (у трьох повторях)	$\geq 10$ у полі зору	$\geq 25$ у полі зору
Ступінь свіжості за реакцією з сульфатом міді	Для свіжого м'яса: бульйон не змінює свою консистенцію	Бульйон прозорий має голубий відтінок	Бульйон прозорий має голубий відтінок	Бульйон з голубим відтінком, містить пластівці

М'ясо курки за результатами бактеріоскопії та реакції з сульфатом міді віднесено до сумнівної свіжості, крім того виявлено кількість мікроорганізмів, що перевищує нормативні значення, а також колонії бактерій, які за характером росту на агарі Ендо та культуральними і морфологічними властивостями віднесено до бактерій групи кишкової палички. Такі показники є передумовою для визнання даної м'ясної сировини як непридатної для м'ясних кулінарних виробів.

У даному закладі ресторанного господарства виробляються біфштекси для бутербродів, відбивні з свинини і курятини та шматочки панірованого курячого філе. Ми розглянемо технологічну схему виготовлення біфштексів з яловичини (рис. 1) та визначимо найбільш значущі ризики біологічної природи.

Відомо, що на кожному технологічному етапі виготовлення харчових продуктів існує ризик забруднення мікрофлорою яка знаходиться на обладнанні, інструментах, руках і т. д. І саме від дотримання санітарно – гігієнічних вимог при виробництві тієї чи іншої продукції залежить її безпечність.

Основну небезпеку в епідеміологічному значенні представляють собою продукція тваринного походження. М'ясо і м'ясопродукти можуть бути джерелом інфекцій, інвазій, харчових токсикоінфекцій та токсикозів. Тому, пильна увага повинна приділятися саме тваринній сировині.

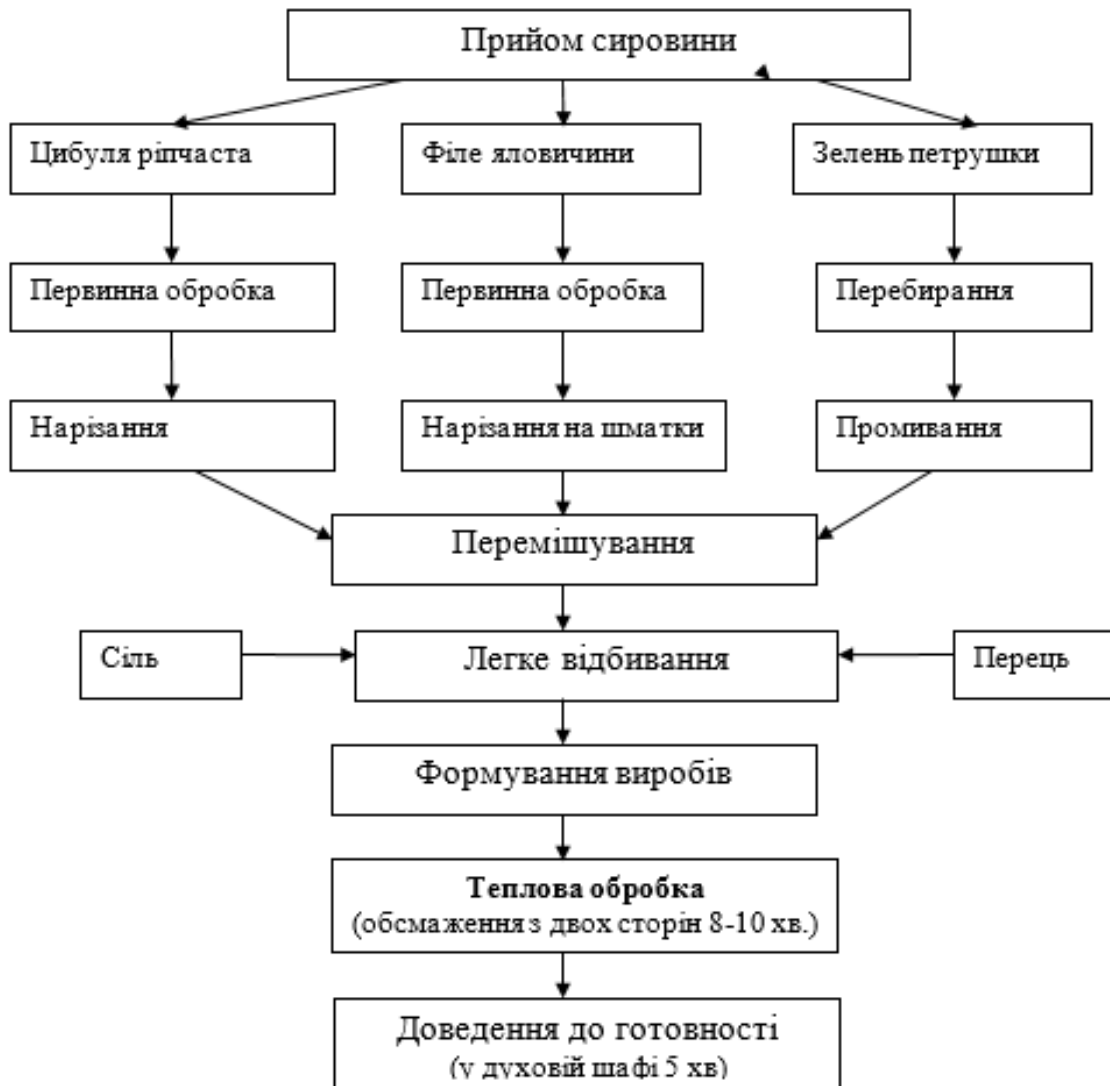


Рисунок 1. Технологічна схема виготовлення біфштексів з яловичини

Отже, першою критичною точкою контролю (КТК 1) ризику є етап прийому охолодженого м'яса до закладів ресторанного господарства (рис. 2). Наявність сертифікату, який видається на основі висновку ветеринарно – санітарної експертизи (ветеринарне свідоцтво), дослідження на вміст токсичних елементів, нітрозамінів, антибіотиків, радіонуклідів, пестицидів, а також вмісту мікроорганізмів є засобом моніторингу на даному етапі.



Рисунок 2. Критичні точки контролю під час технологічного процесу виготовлення біфштексів

Але, при недотриманні умов зберігання м'яса може виникнути ризик вторинного забруднення як хімічними сполуками так і біологічного походження. Тож другою точкою контролю (КТК 2) є моніторинг умов зберігання м'яса і м'ясної продукції у закладі.

Наступним технологічним етапом де існує ризик забруднення м'ясної сировини мікроорганізмами є нарізання на шматки (КТК 3). У цей час може відбуватися перерозподіл поверхневої мікрофлори, яка є присутньою у невеликих кількостях навіть у м'ясі отриманому у відповідних санітарно – гігієнічних умовах на місця розрізів. Також, руки кухаря, ножі, посуд є додатковим джерелом обсіменіння мікрофлорою. Забезпечення швидкості процесу подрібнення м'яса, і як найшвидше його термічну обробку, дотримання санітарно - гігієнічних норм миття рук, обробки обладнання та інструментів, належне прибирання є запорукою контролю даної критичної точки.

Під час перемішування всіх складових, кількість мікроорганізмів у біфштексній масі збільшується за рахунок рослинних компонентів, додавання солі, спецій (КТК 4). Тому, повинна контролюватися якість допоміжної рослинної сировини та термін між приготуванням маси і її термічної обробки (до 12 годин).

Останньою критичною точкою контролю (КТК 5) є термічна обробка, а саме обсмаження. При дотриманні режимів і термінів, під дією високої температури гинуть практично всі вегетативні форми мікроорганізмів. Тому, на даному етапі засобом моніторингу буде контроль якості виконання даної технологічної операції. Готову страву у разі необхідності зберігати у окремому контейнері, слідкувати за товарним сусідством.



*Висновки і пропозиції.* На підставі власних досліджень визначено ступінь свіжості та рівень забруднення мікроорганізмами м'яса різних видів тварин. Розглянуто основні технологічні етапи приготування біфштексу з яловичини, встановлено критичні точки за біологічними ризиками та засоби їх моніторингу та контролю.

Подальшою перспективою досліджень є моніторинг мікробного забруднення продукції протягом всього технологічного процесу виготовлення та розроблення санітарно – гігієнічних заходів для отримання безпечного харчового продукту у закладі ресторанного господарства міста.

#### Список використаних джерел

1. Панасюк І. В., Даниленко С. Г., Гарда С. О. Вивчення безпечності м'яса за мікробіологічними показниками. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 3 (3). С. 358-363.

2. Ряполова І. О. Колеснікова К. Ю. Аналіз мікробіологічних ризиків при виробництві ковбас. *Актуальні проблеми підвищення якості та безпеки виробництва й переробки продукції тваринництва: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Дніпро, 14 лют. 2020 р.)*. С. 223-226.

3. Joint F. A. O. Codex alimentarius: food hygiene basic texts. No. Ed. 3. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2004.

4. Ряполова І. О., Новікова Н. В. Превентивна система контролю виробництва яловичини за біологічними ризиками. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2018. № 4 (67). С. 202-208.

5. Kim, J., Yim D.-G. Assessment of the microbial level for livestock products in retail meat shops implementing HACCP system. *Korean journal for food science of animal resources*. 2016. Vol. 36, № 5. P. 594-600. DOI: 10.5851/kosfa.2016.36.5.594.

6. Ветеринарно-санітарний контроль мікробіологічних показників яловичих туш та санітарних умов їх виробництва / В. В. Касянчук та ін. *ScienceRise. Сер. Ветеринарні науки*. 2015. № 1/3(6). С. 49–56. DOI: 10.15587/2313-8416.2015.35901.

7. Про затвердження Мікробіологічних критеріїв для встановлення показників безпечності харчових продуктів: наказ від 19 липня 2012 р. № 548 / МОЗ України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1321-12> (дата звернення: 19.12.2020).

8. Снігір Н. В., Величко С. О., Сірик В. О. Безпека харчових продуктів – мікробіологічні ризики. *Медичний журнал*. 2015. № 4 (190). С. 15-19.





9. Marriott N., Schilling W., Gravani R. B. Principles of Food Sanitation. Springer, 2018. 420 с.10. A concurrent diagnosis of microbiological food safety output and food safety management system performance: Cases from meat processing industries / P. A. Luning et al. *Food Control*. 2011. Vol. 22, № 3-4. P. 555-565. DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.10.003.

Стаття надійшла до редакції 25.02.2021р.

**I.O. Ryapolova, T.V. Plokhenko**  
**Kherson state agricultural university**

### **SANITARY AND HYGIENIC CONTROL OF RAW MEAT FOR THE PRODUCTION OF MEAT CULINARY PRODUCTS**

#### *Summary*

The article presents the results of research on raw meat supplied to restaurants by microbiological indicators. There are high requirements for finished products: safety and quality of products, good taste and attractive appearance. To meet these requirements, operators must be guided by the strategy of "Single Health", which is based on the requirements for the safety of raw meat, which are covered in a number of regulations and based on the principles of risk analysis of various origins and control of hazards that may occur during technological food production process.

The degree of freshness of the meat coming from the supplier was determined by bacterioscopic examination and reaction with copper sulfate, total microbial contamination of raw materials by seeding on nutrient agar and Endo agar to detect *Escherichia coli* bacteria.

The results of our research show that the total microbial count for beef and pork was within normal limits and, according to the degree of freshness, the meat was classified as fresh. According to the results of bacterioscopy and reaction with copper sulfate, chicken meat was classified as of questionable freshness. Such indicators are a prerequisite for recognizing this raw meat as unsuitable for meat culinary products.

We also identified the most significant risks of a biological nature during the preparation of beef steaks and established critical control points (CTCs). Thus, the first CPC is the reception of raw materials, the second - storage in the institution, the third - cutting the meat into pieces, the fourth - mixing all the ingredients, the fifth - heat treatment.

**Key words:** raw meat, sanitary and hygienic control, biological risks, microbiological indicators, technological scheme.

**И.А. Ряполова, Т.В. Плохенко**  
**Херсонский государственный аграрно-экономический университет**

### **САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ МЯСНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНЫХ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

#### *Аннотация*

В статье приведены результаты исследований мясного сырья по микробиологическим показателям поступающего в учреждения общественного



питания. К готовым изделиям предъявляют высокие требования: безопасность и качество продукции, хорошие вкусовые свойства и привлекательный внешний вид. Результаты органолептических и бактериологических исследований свидетельствуют, что говядина и свинина является свежей. Мясо курицы по результатам бактериоскопии и реакции с сульфатом меди относится к сомнительной свежести, кроме того выявлено количество микроорганизмов, которое превышает нормативные значения. Такие показатели являются предпосылкой для признания данного мясного сырья как непригодного для мясных кулинарных изделий.

Также мы определили наиболее существенные риски биологической природы во время приготовления бифштексов из говядины и установили критические точки контроля.

**Ключевые слова:** мясное сырье, санитарно-гигиенический контроль, биологические риски, микробиологические показатели, технологическая схема.



УДК 664.336:577.1

Л. В. Фіалковська, к.т.н., доц.  
Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ  
e-mail: larisa\_fialkova@ukr.net

ORCID: 0000-0002-4353-0963

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА М'ЯКОГО МАРГАРИНУ З АНТИОКСИДАНТНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

**Анотація.** В роботі обґрунтовані дослідження виробництва м'якого маргарину з використанням природного антиоксиданту. Отримані результати органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників модельних зразків підтвердили доцільність використання комплексу природних антиоксидантів (екстракту «Aloe Vera») в технології м'якого маргарину для підвищення споживчих характеристик продукції. Отримані дані лягли в основу розробки рецептури виробництва м'якого маргарину «Улюблений сніданок» за вдосконаленою технологією. Розроблена та досліджена технологія виробництва м'якого маргарину. Розроблена рецептура виробництва м'якого маргарину з використанням природного антиоксиданту. Проведені органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні дослідження готового продукту. Тривалість зберігання м'якого маргарину з використанням природного антиоксиданту збільшена на 15 діб.

**Ключові слова:** сировина, жири, технологія, дослідження, виробництво, якість, безпека, маргарин, антиоксиданти, рецептура.

**Постановка проблеми.** Харчова промисловість є однією з провідних галузей нашої держави. Рівень розвитку харчової промисловості інтенсивно зростає, підприємства постійно оновлюють асортимент продукції, працюють над поліпшенням її якості та зовнішнього оформлення [1,2]. Як наслідок, зростає конкурентоспроможність українських товарів на зовнішньому ринку.

Олійно-жирова промисловість забезпечує населення рослинними оліями, а також важливими продуктами їх переробки, як маргарин, майонез, гліцерин і жирні кислоти, мила, фосфатиди, переетерифіковані жири і багато іншої продукції [3,4].

Марагрини використовують для виготовлення овочевих, рибних та м'ясних страв у домашній кулінарії та на підприємствах



ресторанного господарства, а також для готування бутербродів та десертів [5].

В даний час підхід до виготовлення продуктів харчування встановлює проблему подовження тривалих термінів зберігання. Це питання особливо гостро стоїть перед підприємствами, які випускають харчову продукцію, зокрема маргарини. Відомо, що при зберіганні жирових продуктів відбуваються біохімічні і хімічні процеси, які призводять до незворотних змін якісних властивостей продукту [6,7]. Проте, при збільшених термінах зберігання продукти повинні повністю зберігати основні якісні характеристики і збалансованість по незамінним нутрієнтам. Дані параметри досить складно поєднати, так як часто вони суперечать один одному. Тому перед виробниками виникає низка проблем, які спрямовані на формування асортименту продукції зі збільшеним терміном зберігання.

Перспективним напрямком у вирішенні проблеми здорового харчування є створення м'якого маргарину з антиоксидантами властивостями, при цьому перевага повинна бути віддана добавкам рослинного походження [8].

У зв'язку з цим розробка технології виробництва м'якого маргарину з антиоксидантами властивостями є актуальною, має теоретичний інтерес для виробництва харчових продуктів та прикладне значення для олійножирової промисловості.

*Аналіз останніх досліджень.* Аналіз численних джерел вітчизняної та зарубіжної літератури показав, що пріоритетним фактором, який впливає на якість м'якого маргарину, є якість вихідної сировини, яка визначається, перш за все, станом жирової фази. Для виробництва м'якого маргарину високої якості необхідно використовувати рослинні рафіновані дезодоровані жири. При цьому слід враховувати, що жир є компонентом, що схильний до різних видів псування під впливом специфічних факторів (кисень повітря, висока температура, світло, іони важких металів). Означені питання розглядали В. Власенко, М. М. Бондар, Т. В. Семко, А. М. Соломон [10,11]. Процеси, які відбуваються в продукті при його псуванні, на думку Т. Г. Патаркалашвілі та Е. Л. Комарова незворотні і впливають на органолептичні та фізико-хімічні показники маргарину [12,13].

В цьому аспекті найбільшу актуальності набувають питання поліпшення споживчих характеристик м'якого маргарину при одночасному збільшенні його термінів зберігання, які можуть бути вирішені розробкою технології харчових продуктів нового покоління з використанням біологічно-активних добавок, які містять комплекс фізіологічно-функціональних інгредієнтів. Особливе місце серед цих речовин займають антиоксиданти, спектр дії яких спрямований на уповільнення процесу окислення шляхом переривання реакції



окислення або руйнуючи пероксидами, що вже утворилися. При цьому, однією з перешкод на шляху використання антиоксидантів, особливо синтетичного походження, може служити те, що деякі з них можуть викликати алергічні реакції, порушення кальцієво-фосфорного балансу в організмі, негативно впливати на травні процеси [14]. У зв'язку з цим питання пошуку ефективних антиокислювачів природного походження, які вносяться безпосередньо в продукт, є актуальними.

У олійно-жировій промисловості традиційно в якості антиокислювачів застосовують бензойну, сорбінову кислоти та їх солі. При цьому консерванти доцільно вносити на початковому етапі виробництва продукту і дотримуватися необхідних концентрації (в залежності від умов зберігання, ступеня бактеріального обсіменіння і фізико-хімічних показників продукту). Ігнорування даних рекомендацій може призвести до втрати активності впливу консервантів на мікроорганізми, що викликають псування продукту [11]. Тому консерванти, які застосовуються в харчовій промисловості, повинні відповідати наступним основним вимогам:

- 1) пригнічувати розвиток мікроорганізмів в малих концентраціях, але при цьому не шкодити здоров'ю людини;
- 2) не повинні змінювати в негативну сторону споживчі характеристики товару за рахунок відсутності взаємодії з компонентами продукту;
- 3) не вступати в реакцію з поверхнею технологічного обладнання та пакувального матеріалу.

*Формулювання цілей статті.* Розробка технології і оцінка споживчих властивостей м'якого маргарину з використанням природного антиоксиданту. Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- обґрунтувати доцільність використання природного антиоксиданту в технології виробництва м'якого маргарину;
- розробити рецептуру і вдосконалити технологію виробництва м'якого маргарину з природним антиоксидантом;
- провести комплексну оцінку якості маргарину, що отриманий за вдосконаленою технологією, встановити терміни зберігання.

*Основна частина.* Сучасним і перспективним методом створення харчових продуктів нового покоління є використання біологічно-активних добавок, що містять комплекс фізіологічно-функціональних інгредієнтів.

В технології м'якого маргарину в якості фізіологічно-функціональних інгредієнтів доцільно застосовувати антиоксиданти природного походження.

Для виробництва м'якого маргарину застосовували антиоксидант природного походження:



– сухий екстракт «Aloe Vera» (100:1) виробництва підприємства ЗАТ «Натуральні інгредієнти» [14].

Екстракт «Aloe Vera» (100:1) являє собою порошок світло-жовтого кольору з вмістом «алоїну» 0,07%. Він виготовлений методом консервування та пастеризації з цілісного листа багаторічної рослини *Aloe Barbadensis Mill* (культивується в країнах південно-східної Азії і Індії).

Екстракт «Aloe Vera» (100:1) проявляє цілий спектр дій: протизапальну, антибактеріальну, є стимулятором регенерації тканин, імуностимулятором та антиоксидантом природного походження [15].

Активними речовинами є: сума вуглеводів алое – галактоманани (ацеманан), а також глюкоза, маноза, галактоза, глюкуронова кислота, лігнін та ін. Антиоксидантний захист надають вітаміни А, В, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>, В<sub>12</sub>, С, Е, що входять до складу екстракту.

Органічні кислоти включають фенолокислоти, що зупиняють розмноження бактерій, а фітостерини - знижують калорійність продукту. Екстракт «Aloe Vera» (100:1) містить протеїни і вільні амінокислоти (7 з 8 незамінних амінокислот); макро-речовини (найбільший вміст калію - 866 ppm і кальцію 497 ppm), а також мікроелементи - селен, хром, хлор і цинк [16].

В результаті проведеного аналітичного огляду літератури щодо застосування природних антиоксидантів в технології м'якого маргарину було вирішено застосовувати екстракт «Aloe Vera» (100:1) [17-20]. Обґрунтування встановлення оптимальних доз внесення екстракту здійснювали на прикладі варіантів модельних композицій – екстракт : жирова складова маргарину.

Таким чином, враховуючи найбільш оптимальні поєднання органолептичних, структурно-механічних і фізико-хімічних показників готового продукту та з урахуванням терміну зберігання вибиралося співвідношення компонентів.

Контрольний зразок м'якого маргарину з масовою часткою жиру 50% і модельні зразки маргарину з додаванням антиоксиданту виготовляли за однаковою технологією.

Технологічний процес виробництва м'яких маргаринів включає наступні операції, правильне ведення яких забезпечує ефективне та якісне виробництво продукції:

- зберігання та темперування рафінованих та дезодорованих олій та жирів;
- підготовка водно-молочних та жирових компонентів;
- дозування компонентів та готування маргаринової емульсії;
- переохолодження та пластифікація маргаринової емульсії;
- фасування та пакування готової продукції.





Головною відмінністю вдосконаленої технології м'якого маргарину можна вважати внесення природного антиоксиданту перед процесом приготування «грубої емульсії». При цьому сухі екстракти попередньо слід розводити рафінованою дезодорованою соняшниковою олією для отримання 5%-ного розчину.

Всі вироблені модельні зразки м'якого маргарину за органолептичними, фізико-хімічними показниками відповідали вимогам нормативної документації. ДСТУ 4330:2004 «Маргарини м'які».

При розробці рецептури м'якого маргарину (табл. 1) керувалися отриманими результатами дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників модельних зразків.

До основних показників якості м'якого маргарину відноситься його харчова цінність (хімічний склад, енергетична цінність, засвоюваність), споживчі властивості (зовнішній вигляд, колір, консистенція, смак, запах), нешкідливість, хороші умови зберігання.

Таблиця 1

## Рецептура м'якого маргарину «Улюблений сніданок»

Найменування компонентів	Масова частка компонентів за рецептурою, %
Саломас марки М1-1	8,0
Саломас марки М1-5	7,0
Олія соняшникова рафінована дезодорована	34,86
Емульгатор 0291	0,3
Емульгатор 6111	0,03
Емульгатор 4110	0,02
Барвник харчовий „Аннато”	0,01
Ароматизатор	0,03
Сухий екстракт «Aloe Vera» (100:1)	0,015
Цитринова кислота	0,02
Сіль	0,1
Вода	49,615
Всього	100

Результати органолептичної оцінки м'якого маргарину «Улюблений сніданок», представлені в табл. 2.



Таблиця 2

## Органолептична оцінка м'якого маргарину «Улюблений сніданок»

Найменування показника	Характеристика показника	
	Контрольний зразок	Маргарин м'який «Улюблений сніданок»
Смак і запах	Чистий, без сторонніх присмаків і запахів	Чистий, без сторонніх присмаків і запахів
Консистенція і зовнішній вигляд	Однорідна, пластична, щільна, поверхня на зрізі блискуча, суха на вигляд	Однорідна, пластична, щільна, поверхня на зрізі блискуча, суха на вигляд
Колір	Світло-жовтий, рівномірний	Світло-жовтий, рівномірний по всій масі

За результатами проведених досліджень встановлено, що м'який маргарин з додаванням природного антиоксиданту за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками відповідає вимогам ДСТУ 4330:2004 «Маргарини м'які».

Аналіз фізико-хімічних показників свідчить про те, що м'який маргарин з додаванням природного антиоксиданту «Улюблений сніданок» має більш низьке перекисне число.

В результаті мікробіологічних досліджень м'якого маргарину не виявлено бактерій групи кишкової палички, патогенних мікроорганізмів. Це говорить про безпеку розробленого продукту і можливості його використання, в тому числі для дитячого харчування.

Термін зберігання модельних зразків визначали за зміною органолептичних (запах, колір, консистенція і смак) та фізико-хімічних показників (кислотність, перекисне число). Згідно з нормативною документацією передбачуваний термін зберігання м'якого маргарину складає 30 діб при температурі від  $+6^{\circ}\text{C}$  до  $+10^{\circ}\text{C}$ .

Виготовлені модельні зразки закладали на зберігання протягом 50 днів при температурі ( $+6 \dots +10$ )  $^{\circ}\text{C}$ .

На підставі проведених досліджень було встановлено, що найкращі показники мали зразки м'якого маргарину з застосуванням природного антиоксиданта – екстракту «Aloe Vera» (100:1). Тривалість зберігання в порівнянні з контрольним зразком збільшена на 15 діб.

#### Висновки

1. Отримані результати органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників модельних зразків підтвердили доцільність використання комплексу природних антиоксидантів (екстракту «Aloe Vera») в технології м'якого маргарину для



підвищення споживчих характеристик продукції. Отримані дані лягли в основу розробки рецептури виробництва м'якого маргарину «Улюблений сніданок» за вдосконаленою технологією.

2. Головними відмінними особливостями вдосконаленої технології можна вважати внесення природного антиоксиданту (екстракту «Aloe Vera») замість антиокислювачів (сорбінової кислоти та її солей).

3. Результати дослідження в період зберігання показали, що м'який маргарин з природним антиоксидант «Улюблений сніданок» у порівнянні з контрольним зразком має нижче перекисне число та гарну пластичність. Тривалість зберігання в порівнянні з контрольним зразком збільшена на 15 діб.

#### Список використаних джерел

1. Кричман Е.С. Роль пищевых добавок в увеличении сроков годности масложировых продуктов. *Масложировая промышленность*, 2007. №3. С. 42-43.

2. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux, 2020. P. 478-480.

3. Boltianska N. I., Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. №1(19). pp. 7–12.

4. Komar A. S. Fertilization of poultry manure by granulation. *Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production»*. 2019. Pp. 18–20

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

6. Sklar R. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Rome. 2021. Pp. 171-176.

7. Boltianska N.I., Manita I., Podashevskaya H. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. *Інженерія природокористування*. 2020. №2(16). С. 33–37.

8. Кричман Е. С. Пищевые добавки для масложировых продуктов: за и против. *Масложировая промышленность*. 2009. № 1. С. 22-23.

9. Фіалковська Л. В., Зозуляк О. В., Янович В. П. Розробка обладнання для виробництва маргарину. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*, 2012. № 10, т. 1 (58). С. 173-177.



10. Фіалковська Л. В. Розробка рецептур та технології отримання спредів. *Аграрна наука та харчові технології*. 2018. Вип. 1 (100). С. 123-130.
11. Власенко В. В., Бондар М. М., Семко Т. В., Соломон А. М. Функціональні харчові продукти з наповнювачами. *Техніка енергетика транспорт АПК*. 2016. № 3 (95). С. 106-109.
12. Патаркалашвили Т. Г. Использование полисахарида геля Алоэ Вера и сахаразаменителя стевии в производстве мороженого. *Молодой ученый*, 2015. № 4. С. 232-235.
13. Комарова Е. Л. Растительные полисахариды для молочной промышленности. *Молочная река*. 2008. № 2. С. 38-39.
14. Погосян Д. Г. Молочные продукты с пролонгированным сроком годности. *Молочная промышленность*. 2014. № 3. С. 60-61.
15. Arai S. Global view on functional foods: Asian perspectives. *British Journal of Nutrition*. 88, № 2. P. 139-143. DOI: 10.1079/BJN2002678.
16. Koptelova E. N. Isolation of betulin from birch bark with the use of ultrasound. *Renewable wood and plant resources: chemistry, technology, pharmacology, medicine: International Conference*. St-Petersburg, 2011. P. 100.
17. Топникова Е. В. Продукты маслоделия: аспекты обеспечения качества. Москва: Издательство Россельхозакадемии, 2012. 170 с.
18. Воскопян О. С. Основные аспекты инноваций в производстве масложировых продуктов, безопасных для потребления. *Масложировая промышленность*. 2012. № 5. С. 28.
19. Святкина Л. И. Потребительские свойства спредов. *Масложировая промышленность*. 2013. № 4. С. 16–19.
20. Costales-Rodrigues R., Gibon V., Verhé R., Greyt W. Chemical and enzymatic interesterification of a blend of palm stearin: soybean oil for low trans-margarine formulation. *JAOCS*. 2009. Vol. 86. P. 681–697. DOI: 10.1007/s11746-009-1395-2.

Стаття надійшла до редакції 14.01.2021р.

**L. Fialkovska**  
**Vinnitsa Trade and Economic Institute KSTEU**

## **IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF SOFT MARGARINE PRODUCTION WITH ANTIOXIDANT PROPERTIES**

### ***Summary***

The food industry is one of the main industries of our state. The level of development of the food industry is growing rapidly, companies are constantly updating the range of products, working to improve its quality and appearance. As a result, the competitiveness of Ukrainian goods in foreign markets is growing. The oil and fat industry provides the population with vegetable oils, as well as important products of their



processing, such as margarine, mayonnaise, glycerin and fatty acids, soaps, phosphatides, transesterified fats and many other products. Currently, the approach to food production raises the problem of extending long shelf life. This issue is especially acute for companies that produce food products, including margarine. It is known that during storage of fatty products, biochemical and chemical processes occur, which lead to irreversible changes in the qualitative properties of the product. However, with extended shelf life, products must fully retain the basic quality characteristics and balance of essential nutrients. These parameters are quite difficult to combine, as they often contradict each other. Therefore, manufacturers face a number of problems that are aimed at forming a range of products with extended shelf life.

The research of soft margarine production with the use of natural antioxidant is substantiated in the work. The obtained results of organoleptic, physicochemical and microbiological parameters of the model samples confirmed the expediency of using a complex of natural antioxidants ("Aloe Vera" extract) in the technology of soft margarine to improve the consumer characteristics of products. The data formed the basis for the development of a recipe for the production of soft margarine "Favorite Breakfast" using advanced technology. The technology of soft margarine production is developed and researched. A recipe for the production of soft margarine using a natural antioxidant has been developed. Organoleptic, physicochemical and microbiological studies of the finished product were performed. The shelf life of soft margarine using natural antioxidants has been increased by 15 days.

**Key words:** raw materials, fats, technology, research, production, quality, safety, margarine, antioxidants, recipe.

**Л.В. Фиалковская**

**Винницкий торгово-экономический институт КНТЭУ**

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЯГКИХ МАРГАРИНОВ С АНТИОКСИДАНТНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

### ***Аннотация***

В работе обоснованы исследования производства мягкого маргарина с использованием природного антиоксиданта. Полученные результаты органолептических, физико-химических и микробиологических показателей модельных образцов подтвердили целесообразность использования комплекса природных антиоксидантов (экстракт «Aloe Vera») в технологии мягкого маргарина для повышения потребительских характеристик продукции. Полученные данные легли в основу разработки рецептуры производства мягкого маргарина «Любимый завтрак» по усовершенствованной технологии. Разработана и исследована технология производства мягкого маргарина. Разработана и исследована технология производства мягкого маргарина. Разработана рецептура производства мягкого маргарина с использованием природного антиоксиданта. Проведены органолептические, физико-химические и микробиологические исследования готового продукта. Продолжительность хранения мягкого маргарина с использованием природного антиоксиданта увеличена на 15 суток.

**Ключевые слова:** сырье, жиры, технология, исследования, производство, качество, безопасность, маргарин, антиоксиданты, рецептура.



УДК 664.858

І. В. Цихановська<sup>1</sup>, д.т.н., проф.  
О. В. Александров<sup>1</sup>, к.х.н., доц.  
Т. Б. Гонтар<sup>1</sup>, к.т.н., ст.викл.  
e-mail: cikhanovskaja@gmail.com,  
З. І. Коваленко<sup>2</sup>, к.фарм.н., доц.  
e-mail: training@nuph.edu.ua,  
В. В. Макаренко<sup>3</sup>, викл.  
e-mail: himiy2020@gmail.com

ORCID 0000-0002-9713-9257  
ORCID 0000-0003-3592-285X  
ORCID 0000-0003-3592-285X  
ORCID 0000-0003-2981-1635

<sup>1</sup>Українська інженерно-педагогічна академія

<sup>2</sup>Національний фармацевтичний університет

<sup>3</sup>Харківський радіотехнічний коледж

e-mail: cikhanovskaja@gmail.com, тел: 095-617-59-89

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МАРМЕЛАДУ ЖЕЛЕЙНОГО ФОРМОВОГО З ВИКОРИСТАННЯМ ХАРЧОВОЇ ДОБАВКИ «МАГНЕТОФУД»

**Анотація.** В статті доведено доцільність використання харчової нанодобавки «Магнетофуд» в технології формового желейного мармеладу з метою вирішення проблеми стабілізації гелеподібної структури желейних мармеладних виробів і формування їхньої якості. «Магнетофуд» – подвійний оксид дво- і тривалентного феруму:  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ , високодисперсний порошок з розміром частинок 70–80 нм, який має комплексну дію: амфіфільні, амфотерні, структуроутворювальні та стабілізуювальні властивості. Встановлено, що додавання харчової добавки «Магнетофуд» у вигляді водної суспензії на етапі «набрякання-розчинення» гелеутворювача покращує форму, поверхню і консистенцію; збільшує вміст вологи в 1,15–1,16 рази в зразках на агарі та в 1,13–1,14 рази в зразках на пектині; зменшує загальну кислотність в 1,05–1,08 рази в зразках на агарі та в 1,06–1,09 рази в зразках на пектині; підвищує міцність мармеладного студню в 1,3–1,5 рази в зразках на агарі та в 1,22–1,4 рази в зразках на пектині; пригнічує мікробну контамінацію поверхні мармеладних зразків. Крім того, встановлено раціональний вміст харчової добавки «Магнетофуд» – 0,15% від маси рецептурної суміші; розроблено технологічні схеми виробництва мармеладу на агарі й пектині.

**Ключові слова:** харчова добавка «Магнетофуд», мармелад, рецептура, технологія, показники якості та безпечності.





*Постановка проблеми.* В умовах жорсткої конкуренції на вітчизняному ринку виробники мармеладних виробів шукають шляхи підвищення їх конкурентоспроможності шляхом покращення споживних властивостей готової продукції, зниження собівартості і подовження термінів її зберігання. Крім того, проблема стабілізації колоїдної дисперсної структури мармеладних виробів є актуальною [1, 2].

Ринкові тенденції формування асортименту мармеладу желейного формового обумовлені інноваціями у його рецептурному складі, спрямованими на зниження його собівартості, підвищення його якості та термінів зберігання.

Особливо важливо відзначити щорічне зростання цін на сировину. На жаль, пектин і агар – два основних гелеутворювача, що традиційно використовуються в технології мармеладу желейного формового, є дорогою імпоротною сировиною. В зв'язку з цим пошук нових сировинних ресурсів вітчизняного виробництва, що дозволяють знизити собівартість мармеладних виробів при збереженні якості є актуальним завданням для виробництва мармеладу желейного формового [3–6].

Для стабілізації гелеподібної структури желейно-мармеладної продукції та можливості переробки сировини з різними властивостями при забезпеченні необхідних показників якості й термінів збереження свіжості готових виробів перспективним є використання різноманітних харчових добавок-поліпшувачів, у тому числі нанорозмірного діапазону [1, 2, 7].

*Аналіз останніх досліджень.* В технології мармеладної продукції проводяться численні дослідження з пошуку недорогих структуроутворювальних та стабілізувальних інгредієнтів, які поліпшують структурно-механічні, фізико-хімічні, органолептичні і мікробіологічні показники гелеподібних напівфабрикатів і готових виробів, а також часткової або повної заміни традиційних структуроутворювачів, зокрема агару, пектину, желатину [4–30].

Питанню розроблення інноваційних технологій мармеладної продукції присвячено ряд робіт провідних фахівців в цієї галузі: В. Ф. Перцевої [4], Е. Г. Іоргачева [5], А. М. Дорохович [6], Ю. В. Камбулова [8], Gawkowska D. [9], Sanzharovskaya N.S. [10], Yang Y. [11], Zhang X. [12], Salieva A. [13] та ін.

В виробництві мармеладної продукції з метою покращення структурно-механічних властивостей гелеподібних мас та показників якості готових виробів використовують нетрадиційні види сировини, такі як відходи харчової промисловості (консервної, виноробної, бурякоцукрової галузей) і сільського господарства (насінницьких радгоспів, бавовництва, баштанництва) [14–16]; а також альтернативну



сировина: хітозан, рослинні, овочеві і фруктово-овочеві продукти [17,18] у тому числі пюре фейхоа, ківі, топінамбура [19,20]; екстракти та порошки пряно-ароматичних трав й овочево-, плодово-ягідні порошки (сприяють поліпшенню консистенції й споживних характеристик готового продукту (їх недолік – недостатня стійкість гелеподібної структури) [21,22]; сорбітол [23]; гідроколлоїди: каррагінан і його натрієва, калієва, амонійна солі, включаючи фурцелларан; ксантан, тари, гуарова камедь, камедь ріжкового дерева, ксантанова камедь, тощо (сприяють підвищенню вологоутримувальної здатності та покращенню пружно-еластичних властивостей мармеладних виробів при тривалому терміні зберігання) [4,5,8–10].

В технології мармеладних виробів нині з метою підвищення стійкості гелеподібних структур, як стабілізатор колоїдної дисперсної системи та для регулювання структурно-механічних властивостей желейних мас, широко застосовують комбіновані системи структуроутворювачів, зокрема комбінації желатину з пектином, з сульфатованими полісахаридами, желатин – к-каррагінан, желатин – пектин LM [5,7,8]; пектину з гідроколоїдами (Herbagel SW-010, рікогель 8100), пектин LM – к-каррагінан [7,10]; агару з концентратом тваринних білків “Сканпро” [4,11]. Ці композиції формують більш міцний просторовий каркас гелю, ніж просто гідроколоїдний стабілізатор.

Останнім часом проведені численні дослідження за впливом модифікуючих добавок на структурно-механічні властивості желейних мас: натрій-карбоксиметилцелюлози (Na-КМЦ) і хлористого заліза для підвищення драглеутворювальної здатності сульфатних полісахаридів [4, 7]; лактату натрію, цитрату натрію і гліцерину в кількості (0,1–0,2)% до загальної маси для підвищення драглеутворювальної здатності полісахаридів зокрема червоних морських водоростей і, як наслідок, скорочення їх вмісту на (35–40)% [10, 11, Патент UA 61370. Спосіб підвищення міцності драглів сульфатних полісахаридів]; манніту або альгінату натрію у кількості (0,08–0,09)% для підвищення міцності желейної маси до (40–60)% і зменшення витрати структуроутворювача (агару, агароїду, фурцелларану) [12,13].

Перспективними є дослідження у напрямку нанотехнологій. Фахівцями проведено дослідження у напрямку: модифікації наночастинок  $Fe_3O_4$ -MgO ефірною олією мускатного горіха та наночастинок  $\gamma$ - $Fe_2O_3$  з яблучним пектином для створення супермагнітних наноматеріалів з антибактеріальними і протигрибковими властивостями, які можна використовувати в якості бактерицидного засобу [24,25]; модифікацій наночастинок металів і їх оксидів з полісахаридами, білками рослинного і тваринного походження: альбуміном яєчного і сироваткового білка, желатином,



білком молочної сироватки, гліадином, бобовими та соєвими білками, еластином, зеїном, молочним білком [26,27]. Завдяки широкому спектру функціонально-технологічних властивостей білкові наночастинки знаходять широке практичне застосування: в техніці, харчових технологіях, фармації і так далі [28].

«Магнетофуд» – харчова нанодобавка з розміром частинок 70–80 нм та з певним функціонально-технологічним потенціалом: має хімічно активний приповерхневий шар, характеризується амфіфільністю, достатньою величиною  $\zeta$ -потенціалу (33–40 мВ), що є підґрунтям для її використання у технологіях харчової продукції з гелеподібною структурою, зокрема мармеладних виробів. Харчова добавка «Магнетофуд» (ХДМ) корегує поверхневу активність структуроутворювачів та впливає на ефективну в'язкість дисперсних харчових систем, що є одним із чинників гелеутворення. Крім того, ХДМ має бактеріостатичні властивості. Тобто ХДМ здатна корегувати фізико-хімічні, сорбційні, органолептичні та мікробіологічні властивості мармеладних виробів та впливати на структуроутворювач (пектин, агар тощо), вступаючи з ним в хімічні і електростатичні взаємодії, що підсилює його дію. Наночастинки «Магнетофуд» сприяють утворенню різних надмолекулярних структур: моношарів, міцел, стабілізуючих колоїдну дисперсну систему та формуючих певну консистенцію у гелях [29, 30]. Таким чином, використання харчової добавки «Магнетофуд» в технологіях мармеладної продукції як структуроутворювача, стабілізатора і покращувача, на наш погляд, дозволить вирішити наступні завдання: поліпшити фізико-хімічні, органолептичні та мікробіологічні характеристики мармеладних виробів: покращення консистенції, форми та поверхні; зменшення синерезису при зберіганні продукції; збільшення терміну збереження свіжості готових виробів.

Однак, що стосується досліджень щодо впливу нанодобавок, зокрема, харчової добавки «Магнетофуд» [Патент UA № 126502] на фізико-хімічні, мікробіологічні та органолептичні характеристики формового желейного мармеладу дані недостатні і необхідні додаткові дослідження. У зв'язку з цим, дослідження функціонально-технологічного потенціалу харчової добавки «Магнетофуд» з точки зору впливу на якість та терміни збереження свіжості мармеладних виробів є актуальними.

*Формулювання мети статті.* Визначення доцільності використання харчової добавки «Магнетофуд» в технології мармеладу желейного формового.

Для досягнення основної мети були поставлені наступні завдання:  
– вивчити вплив харчової добавки «Магнетофуд» на органолептичні показники (смак, запах, колір, консистенція, форма та



поверхня) дослідних зразків формового желейного мармеладу на агарі та пектині;

– вивчити вплив харчової добавки «Магнетофуд» на фізико-хімічні характеристики (масова частка вологі, загальна кислотність) дослідних зразків формового желейного мармеладу на агарі та пектині;

– вивчити вплив харчової добавки «Магнетофуд» на мікробіологічні показники дослідних зразків формового желейного мармеладу на агарі та пектині протягом зберігання.

– вивчити вплив харчової добавки «Магнетофуд» на структурно-механічні властивості (граничне напруження зсуву) дослідних зразків мармеладних (гелеподібних) мас на агарі та пектині протягом зберігання;

– встановити раціональну масову частку харчової добавки «Магнетофуд» у рецептурах формового желейного мармеладу на агарі та пектині;

– розробити технологічну схему виробництва мармеладу желейного формового з використанням харчової добавки «Магнетофуд».

*Основна частина.* Вимоги до технології мармеладу желейного формового зростають в напрямку її вдосконалення: розробки ресурсо- та енергозберігаючої технології, отримання якісної і безпечної мармеладної продукції з продовженим терміном збереження свіжості.

Матеріали і методи досліджень. Харчова добавка «Магнетофуд» (ХДМ) (ТУ У 10.8-2023017824-001:2018. Добавка харчова на основі оксидів заліза «Магнетофуд») – високодисперсний порошок коричневого або чорного кольору з розміром частинок 70–80 нм. За хімічним складом ХДМ – подвійний оксид заліза ( $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  або  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), який одержували за методом хімічного співосадження з водних розчинів солей дво- та тривалентного феруму у лужному середовищі (Патент UA № 126507. 53. Спосіб одержання харчової добавки «Магнетофуд»); цукор-білий (ДСТУ 4623:2006); агар харчовий (Gelagar СТ 1.2 від компанії B&V, Italy); пектин яблучний (ДСТУ 6088:2009); кислота лимонна моногідрат харчова (ДСТУ 908:2006); лактат натрію харчовий (Sodium L-lactate від компанії Sigma-Aldrich, Belgium); есенції різні (ДСТУ 4716:2007); барвники різні (ДСТУ 3845-99); патока крохмальна (ДСТУ 4498:2005).

Водну суспензію ХДМ у 5% розчинах агару та пектину одержували шляхом введення наважки ХДМ у 5% розчин полісахариду за температури (55–60)°C за постійного перемішування  $n=(2,0-2,2) \text{ c}^{-1}$  протягом (5–7)×60 с з наступним охолодженням суміші до температури (18–20)°C за постійного перемішування  $n=(2,0-2,2) \text{ c}^{-1}$  [29]; дослідні зразки формового желейного мармеладу на агарі та пектині, які ґрунтуються на базових рецептурах № 11 та № 49 відповідно (див.



табл. 1 та [31]), отримували на лабораторній установці кафедри харчових та хімічних технологій Української інженерно-педагогічної академії [29, 30]. ХДМ вводили у рецептурні композиції у вигляді водної суспензії при набряканні-розчиненні гелеутворювача у кількості 20,0 г; 30,0 г; 40,0 г на 1000,0 г рецептурної суміші, що дорівнює 0,1%; 0,15%; 0,2% ХДМ відповідно від маси рецептурної суміші [30].

Таблиця 1

## Рецептури мармеладу желейного формового на агарі і пектині

Найменування сировини	Витрати сировини на 1000 г готової продукції, г							
	Дослідні зразки мармеладу желейного формового							
	На агарі				На пектині			
	Зразок 1 – контроль	Зразок 2 – дослід з 0,1% ХДМ	Зразок 3 – дослід з 0,15% ХДМ	Зразок 4 – дослід з 0,2% ХДМ	Зразок 5 – контроль	Зразок 6 – дослід з 0,1% ХДМ	Зразок 7 – дослід з 0,15% ХДМ	Зразок 8 – дослід з 0,2% ХДМ
Цукор-пісок для обсіпки	86,6	86,6	86,6	86,6	86,6	86,6	86,6	86,6
Цукор-пісок в желе	525,6	524,6	524,1	523,6	718,9	717,9	717,4	716,9
Патока	262,7	262,7	262,7	262,7	262,7	262,7	262,7	262,7
Агар	10,5	10,5	10,5	10,5	–	–	–	–
Пектин	–	–	–	–	18,0	18,0	18,0	18,0
Кислота лимонна	11,8	11,8	11,8	11,8	12,0	12,0	12,0	12,0
Лактат натрію	–	–	–	–	10,0	10,0	10,0	10,0
Есенції різні	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Барвники різні	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Водна суспензія ХДМ	–	20,0	30,0	10,0	–	20,0	30,0	10,0
Вода	100,7	87,7	77,7	97,7	152,3	132,3	122,3	142,3
Вихід готового продукту	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0

Органолептичні показники (смак та запах, колір, консистенція, структура, форма, поверхня) аналізували за 5-ти бальною шкалою згідно ДСТУ 4683:2006. Фізико-хімічні характеристики (загальна кислотність, масова частка вологи); мікробіологічні показники та структурно-механічні властивості (граничне напруження зсуву)





досліджували за допомогою стандартних та загально прийнятих методів [29, 30]. Кислотність дослідних зразків формового желейного мармеладу визначали титриметричним методом з використанням фенолфталеїну згідно ДСТУ 5024:2008; масову частку вологи згідно ДСТУ 5024:2008.

В таблиці 2 наведено результати органолептичного аналізу дослідних зразків формового желейного мармеладу з різними гелеутворювачами.

Таблиця 2

Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на органолептичні показники дослідних зразків формового желейного мармеладу на агарі та на пектині

Найменування показника	Дослідні зразки мармеладу желейного формового							
	На агарі				На пектині			
	Зразок 1 – контроль	Зразок 2 – дослід з 0,1% ХДМ	Зразок 3 – дослід з 0,15% ХДМ	Зразок 4 – дослід з 0,2% ХДМ	Зразок 5 – контроль	Зразок 6 – дослід з 0,1% ХДМ	Зразок 7 – дослід з 0,15% ХДМ	Зразок 8 – дослід з 0,2% ХДМ
Аромат	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1
Колір	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1
Смак	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1
Консистенція	4,8±0,1	4,9±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	4,7±0,1	4,9±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1
Форма та поверхня	4,8±0,1	4,9±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1	4,8±0,1	4,9±0,1	5,0±0,1	5,0±0,1

З даних табл. 2 витікає, що введення у рецептуру формового желейного мармеладу харчової добавки «Магнетофуд» у вигляді водної суспензії на етапі «набрякання-розчинення» гелеутворювача дозволяє покращити форму, поверхню і консистенцію у середньому на 0,1–0,2 бали (для мармеладу на агарі) та на 0,1–0,3 бали (для мармеладу на пектині). При цьому найбільш високими показниками характеризувалися зразки 3, 4 та зразки 7, 8 – з 0,15% та 0,2% ХДМ порівняно з контролем. Вони мали коричнево-коньячний колір; однорідну, склоподібну, пружну консистенцію; правильну, без деформацій, з чітким контуром форму з гладкою, еластичною і сухою поверхнею; приємний виражений смак і запах, властивий мармеладу. Згідно з даними органолептичного аналізу, раціональний вміст ХДМ становить 0,15% від маси рецептурної суміші. Подальше збільшення кількості ХДМ до 0,2% недоцільно. Покращення консистенції та зовнішнього вигляду (форми, поверхні) дослідних зразків мармеладу





здійснюється за рахунок структуроутворювальної та стабілізувальної дії амфіфільних, поверхнево активних наночастинок ХДМ [29, 30].

При виробництві мармеладної продукції головна втрата вологи відбувається при відливанні й охолодженні мармеладу, що позначається на якості мармеладних виробів. Тому, важливими фізико-хімічними показниками мармеладу є вологість і кислотність. В таблиці 3 наведено залежність кислотності та вмісту вологи дослідних зразків формового желейного мармеладу від масової частки харчової добавки «Магнетофуд».

Таблиця 3

Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на кислотність та вміст вологи дослідних зразків формового желейного мармеладу на агарі та на пектині

Дослідні зразки желейного мармеладу	Фізико-хімічні показники дослідних зразків желейного мармеладу			
	Масова частка вологи, %, на агарі		Загальна кислотність, ° на пектині	
	на агарі	на пектині	на агарі	на пектині
Зразок 1 – контроль		–	18,3±0,4	–
Зразок 2 – з 0,1% ХДМ		–	17,0±0,3	–
Зразок 3 – з 0,15% ХДМ		–	17,4±0,3	–
Зразок 4 – з 0,2% ХДМ		–	17,4±0,3	–
Зразок 5 – контроль	–		–	18,9±0,5
Зразок 6 – з 0,1% ХДМ	–		–	17,4±0,3
Зразок 7 – з 0,15% ХДМ	–		–	17,8±0,3
Зразок 8 – з 0,2% ХДМ	–		–	17,8±0,3

З даних табл. 3 видно, що введення ХДМ у кількості 0,1%; 0,15%; 0,2% від маси рецептурної суміші сприяє покращенню фізико-хімічних показників дослідних зразків формового желейного мармеладу: збільшує вміст вологи в 1,15–1,16 рази (для мармеладу на агарі) та в 1,13–1,14 рази (для мармеладу на пектині) за рахунок вологозв'язувальної та вологоутримувальної здатності хімічно активних наночастинок ХДМ [29]; зменшує загальну кислотність в 1,05–1,08 рази (для мармеладу на агарі) та в 1,06–1,09 рази (для мармеладу на пектині) через амфотерні властивості ХДМ та сорбцію кислотних речовин на наночастинках «Магнетофуд», гальмуючи



кислотний гідроліз основного гелеутворювального компоненту (агару, пектину). При цьому, зниження кислотності практично не впливає на процес драглеутворення [29, 30]. Таким чином присутність ХДМ в рецептурі сприяє меншій втраті вологи при охолодженні виробів після відливання мармеладної маси в форму, стабілізує кислотність на меншому рівні й покращує показники якості формового желейного мармеладу. З аналізу фізико-хімічних показників дослідних зразків формового желейного мармеладу встановлено раціональний вміст ХДМ – 0,15% від маси рецептурної суміші. При подальшому збільшенні масової частки ХДМ до 0,2% показники не змінюються, що пов'язане зі специфічними властивостями наночастинок, зокрема великою питомою і хімічно активною поверхнею і досягненням очікуваного результату вже при малих концентраціях [29, 30].

На рис. 1 наведено граничне напруження зсуву зразків мармеладних (гелеподібних) мас з раціональною кількістю ХДМ (з 0,15% ХДМ – зразки 3, 7) порівняно з контрольними зразками (без ХДМ – зразки 1, 5).

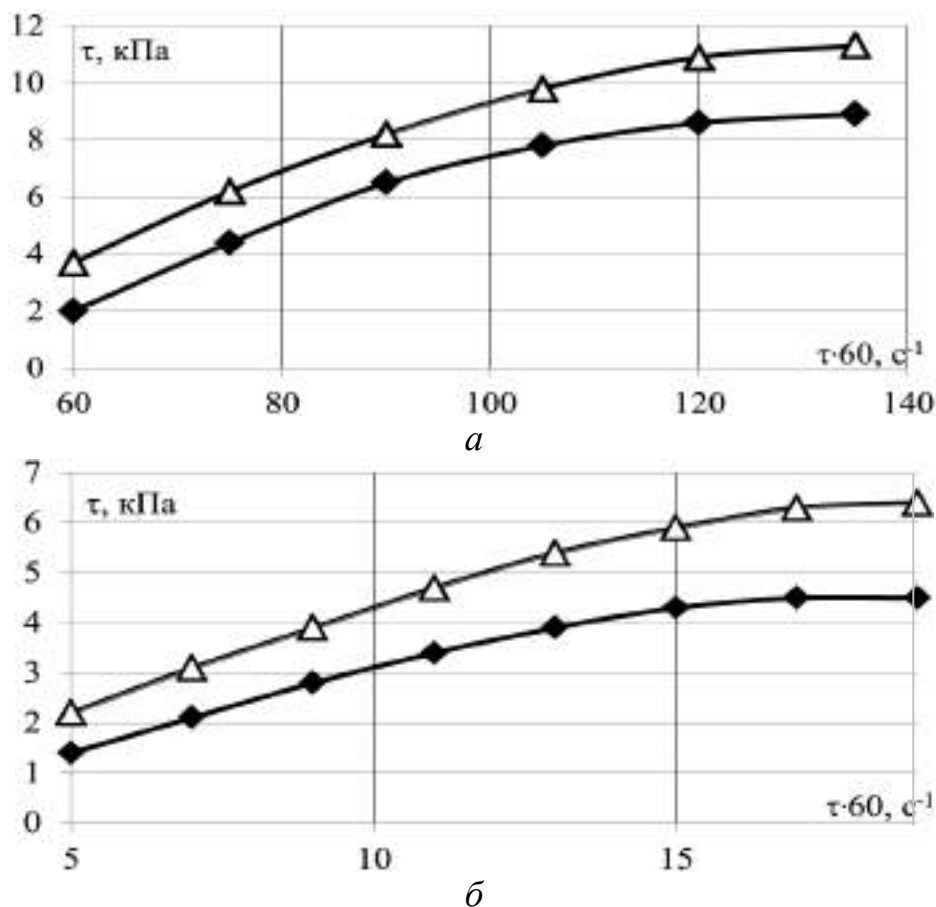


Рисунок 1. Граничне напруження зсуву зразків мармеладних (гелеподібних) мас при різних температурах з різними гелеутворювачами: а – на агарі; б – на пектині (—◆— – контроль – без ХДМ; —△— – зразок з 0,15 % ХДМ)



З рис. 1 видно, що внесення ХДМ сприяє підвищенню міцності мармеладного студню в 1,3–1,5 рази (для мармеладу на агарі) та в 1,22–1,4 рази (для мармеладу на пектині). Це пов'язано зі здатністю наночастинок добавки «Магнетофуд» до взаємодії з молекулами полісахаридів, що формує упорядкований просторовий каркас, який зміцнює гелеподібні структури. У результаті формується гарна текстура формового желейного мармеладу, що надає йому високих споживних властивостей і подовжує термін збереження його свіжості, зокрема, значно зменшується виділення вологи при зберіганні.

Таким чином, дослідження структурно-механічних властивостей мармеладних мас з різними гелеутворювачами підтверджують гіпотезу щодо стабілізації дисперсної структури наночастинами ХДМ. Крім того, введення у рецептуру формового желейного мармеладу ХДМ у кількості 0,15% до маси рецептурної суміші на етапі «набрякання-розчинення» гелеутворювача дозволяє зменшити кількість агару на (9–11)% і пектину на (7–9)% та сприяє підвищенню міцності мармеладного студню на (10±1)% для агару та (8±1)% для пектину.

На підставі проведених досліджень складено рецептури (табл.1) і розроблено технологічні схеми мармеладу желейного формового на агарі (рис. 2) та на пектині (рис.3) з використанням ХДМ.

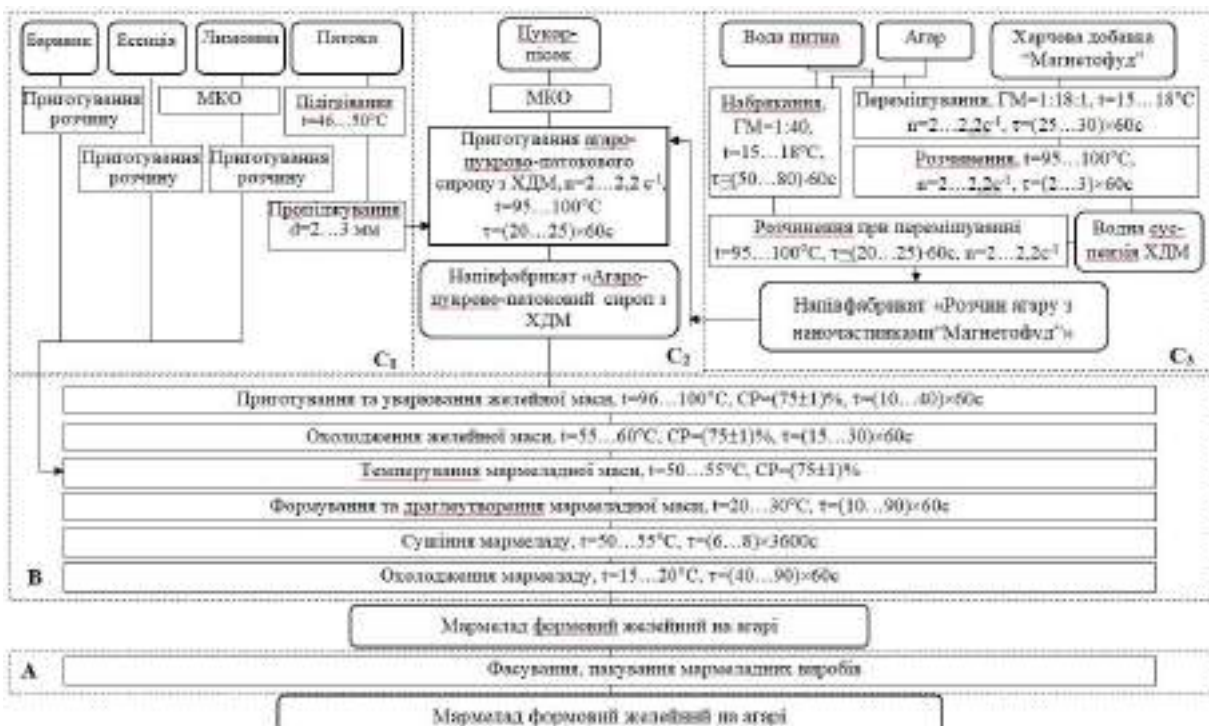


Рисунок 2. Технологічна схема виробництва мармеладу желейного формового на агарі: А – товарне оформлення і зберігання; В – виробництво мармеладу; С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub> – підготовка матеріалів та сировини до виробництва

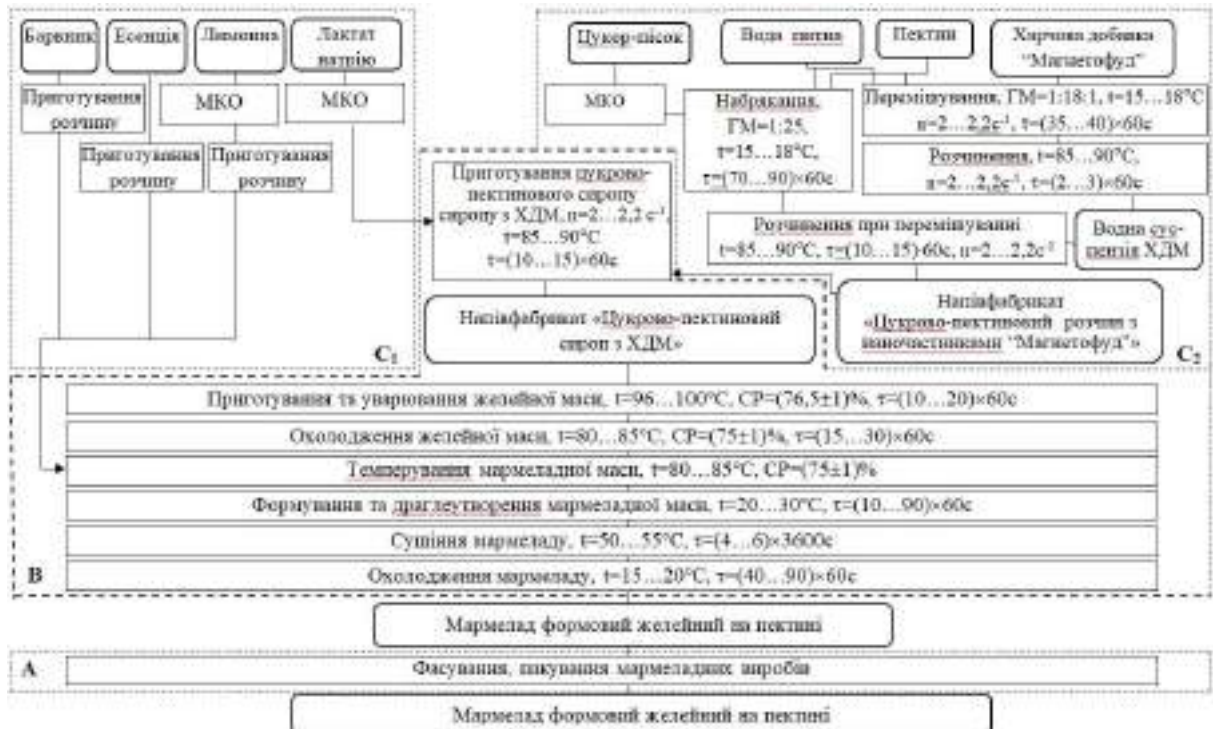


Рисунок 3. Технологічна схема виробництва мармеладу желейного формового на пектині: А – товарне оформлення і зберігання; В – виробництво мармеладу; С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub> – підготовка матеріалів та сировини до виробництва

Під час виробництва підсистеми С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub> передбачають отримання базової суміші інгредієнтів, які потрібні для подальшого формування структури мармеладних виробів. Сипучі компоненти просіюють, есенцію, лимонну кислоту, барвник розчиняють, патоку крохмальну підігрівають та проціджують; отримують водну суспензію харчової добавки «Магнетофуд» (ХДМ) з подальшим додаванням у розчин гелеутворювача та витримкою суміші за температури  $t=(95-100)^{\circ}\text{C}$  для агару,  $t=985-90^{\circ}\text{C}$  для пектину при перемішуванні,  $n=(2,0-2,2)\text{c}^{-1}$ , протягом  $\tau=(2-3)\times 60\text{c}$  для агару (і пектина). При цьому збільшується розчинність гелеутворювача під дією наночастинок ХДМ завдяки водоутримувальній здатності і взаємодії її полярних наночастинок з полярними групами агару і пектину; при попередньому замочуванні (набряканні) гелеутворювача у холодній воді при температурі  $(15-18)^{\circ}\text{C}$  протягом  $(50-80)\times 60\text{c}$  – для агару та  $(70-90)\times 60\text{c}$  – для пектину.

Підсистема В – «Виробництво мармеладу желейного формового» передбачає приготування желейно-мармеладної маси: після повного розчинення структуроутворювача додають рецептурну кількість цукру і патоки крохмальної (для мармеладу на агарі), необхідну для отримання желейної маси, і ретельно перемішують протягом  $(20-25)\times 60\text{c}$  для агару і  $(10-15)\times 60\text{c}$  для пектину, при нагріванні до



температури (95–100)°С для агару і (85–90)°С для пектину; при цьому в пектиново-цукровий сироп додатково додають лактат натрію. Після рівномірного розподілу сироп уварюють до масової частки сухих речовин (75,0±1)% – для агару і (76,5±1)% – для пектину; охолоджують до температури (55–60)°С – для агару і (80–85)°С – для пектину і проводять темперування, додаючи відповідно до рецептури розбавлені барвники, лимонну кислоту й есенцію при ретельному перемішуванні протягом (5–7)×60с. Охолодження та структурування мармеладної маси: отриману мармеладну масу розливають у форми та охолоджують до температури (25–30)°С для структуроутворення. Сушіння формового желейного мармеладу проводять при температурі (52,5±2,5)°С протягом (6–8)×3600 с – для агару та (4–6)×3600с – для пектину.

Підсистема А –“Товарне оформлення і зберігання мармеладу” – утворення готових мармеладних виробів, тобто отримання формового желейного мармеладу з визначеними властивостями, показниками якості та терміном зберігання.

В табл. 4 наведено мікробна контамінація поверхні зразків формового желейного мармеладу на агарі та пектині з раціональною кількістю ХДМ–0,15% від маси рецептурної суміші у процесі зберігання.

Таблиця 4

Мікробіологічні показники якості формового желейного мармеладу в процесі зберігання (відносна вологість повітря  $\phi=(75\pm 2)\%$ )

Найменування показників	Норматив	Дослідні зразки формового желейного мармеладу	
		на агарі з 0,15% ХДМ	на пектині з 0,15% ХДМ
КМАФАнМ, КУО/г, через 90 діб	Не більше $1,0\times 10^3$	$2,0\times 10^2$	$3,0\times 10^2$
Дріжджі КУО/г, через 90 діб	Не більше 50	17,0	19,0
БГКП (коліформи), через 90 діб	Не доз. в 0,1г	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні м/о, у тому числі бактерії роду <i>Salmonella</i> , через 90 діб	Не доз. в 25,0 г	Не виявлено	Не виявлено
Плесневі гриби КУО/г, через 90 діб	Не більше 50	15,0	17,0

З даних табл. 4 видно, що мікробіологічні показники дослідних зразків формового желейного мармеладу протягом регламентованого терміну зберігання (90 діб) відповідають нормативній документації, що свідчить про його високі санітарно-мікробіологічні характеристики.





Крім того, введення ХДМ пригнічує контамінацію поверхні дослідних зразків мармеладу:

– при зберіганні дослідних зразків мармеладу при вологості повітря ( $75 \pm 2$ ) % протягом 90 діб у зразках 3, 7 (тобто з 0,15% ХДМ) зменшується порівняно з контролем (нормативом): КМАФАнМ в 5,0 разів та 3,3 рази відповідно, дріжджів – в 2,9 разів та 3,6 рази відповідно, пліснявих грибів – в 3,3 рази та 2,9 разів відповідно.

Це пов'язано з бактеріостатичною дією харчової добавки «Магнетофуд» [29]. Слід також зазначити, що контамінація контрольного зразка мармеладу на агарі менше, ніж мармеладу на пектині (за рахунок більш виражених бактеріцидних властивостей морських водоростей – основної сировини агар-агару).

*Висновки.* Таким чином, дослідження показують, що додавання 0,10–0,20 мас.% харчової добавки «Магнетофуд» позитивно впливає на органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні та мікробіологічні показники формового желевого мармеладу на агарі і пектині, зокрема покращуються порівняно з контролем: форма, поверхня та консистенція на 0,1–0,2 бали (для мармеладу на агарі) та на 0,1–0,3 бали (для мармеладу на пектині); збільшується вміст вологи в 1,15–1,16 рази в зразках на агарі та в 1,13–1,14 рази в зразках на пектині – за рахунок вологозв'язувальної та вологоутримувальної здатності хімічно активних наночастинок добавки «Магнетофуд»; зменшується загальна кислотність в 1,05–1,08 рази в зразках на агарі та в 1,06–1,09 рази в зразках на пектині – за рахунок амфотерності добавки «Магнетофуд» та її здатності до взаємодії з кислотними речовинами желево-мармеладних мас; підвищується міцність мармеладного студню в 1,3–1,5 рази (для мармеладу на агарі) та в 1,22–1,4 рази (для мармеладу на пектині) за рахунок здатності наночастинок добавки «Магнетофуд» до взаємодії з молекулами полісахаридів, що формує упорядкований просторовий каркас, який зміцнює гелеподібні структури.

– визначено раціональний вміст харчової добавки «Магнетофуд» – 0,15% від маси рецептурної суміші для обох гелеутворювачів (агару й пектину);

– встановлено, що мікробіологічні показники дослідних зразків мармеладу з внесенням ХДМ протягом регламентованого терміну зберігання (90 діб) при відносній вологості повітря  $\varphi = (75 \pm 2)\%$  відповідають нормативній документації, що свідчить про його високі санітарно-мікробіологічні характеристики. Доведено пригнічення мікробної контамінації поверхні дослідних зразків мармеладних виробів (на агарі й пектині) при введенні 0,15% ХДМ;

– складено рецептури і розроблено технологічні схеми мармеладу желевого формового на агарі й пектині з використанням ХДМ.





Отримані результати дають підставу рекомендувати харчову добавку «Магнетофуд» в якості стабілізатора, структуроутворювача та поліпшувача харчових гелеподібних систем.

Список використаних джерел

1. Kambale N. Marshmallow Market 2020 Size. Trends, global growth, industry regional segmentation, top manufactures and opportunities by 2026. URL: <https://www.orianresearch.com/request-sample/1299779> (дата звернення: 20.02.2020).

2. Нікітенко Я. В. Управління асортиментом мармеладу в Україні. *Молодь в науці: Здобутки, проблеми, перспективи*: зб. тез доп. міжнар. наук. Інтернет-конф. молодих учених, магістрантів і студентів, 21-22 березня 2019 р. / Харків. торг.-екон. інститут КНТЕУ. Харків. 2019. С. 211–212.

3. Imeson A. Food stabilisers, thickeners and gelling agents. USA: John Wiley & Sons, 2011. 368 p.

4. Производство желейной и взбивной продукции с использованием модификаторов: монография / Ф. В. Перцевой и др. Днепропетровск: Пороги, 2003. 204 с.

5. Иоргачева Е. Г., Макарова О. В., Аветисян К. В. Регулирование структурно-реологических свойств желейных и сбивных масс для двухслойного мармелада. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2014. Т. 2, № 12 (68). С. 122–127.

6. Дорохович А. Н., Бадрук В. В. Вплив суміші ізомальту та фруктози на технологічні властивості маси для кондитерського виробу маршмеллоу. *Ukrainian food journal*. 2012. № 3. С. 7–11.

7. Mudgil D., Barak S., Khatkar B. S. Food Additives in Confectionery Industry: An Overview. *Indian Food Packer*. 2011. Vol. 65, № 3. P. 80–83.

8. Камбулова Ю. І, Матяс Д. І, Маліновський В. І. Реологічні показники мармеладних мас на агарі та каррагінані і різновидами цукрів. *Продовольча індустрія АПК*. 2017. № 4 (46). С. 19–23.

9. Gawkowska D., Cybulska J., Zdunek A. Structure-related gelling of pectins and linking with other natural compounds: a review. *Polymers (Basel)*. 2018. 10, № 7. P. 762–778. DOI: 10.3390/polym10070762.

10. Санжаровская Н. С., Храпко О. П. Технология производства желейного мармелада на основе пектиновых экстрактов и фитонастоев. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017. № 10 (64), ч. 3. С. 95-98. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.055>.

11. Calcium cation triggers and accelerates the gelation of high methoxy pectin / Y. Yang et al. *Food Hydrocolloids*. 2013. Vol. 32, № 2. P. 228–234.

12. Preparation of hydroxypropyl agars and their properties / X. Zhang et al. *Carbohydrate Polymers*. 2015. Vol. 129. P. 87–91. DOI: 10.1016/j.carbpol.2015.04.056.



13. Salieva A. Pectin substances from sea and freshwater grasses as stabilizers at manufacturing of canned food of type confiture. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2013. Vol. 1. P. 194–200.
14. Characterization of citrus pectin samples extracted under different conditions: Influence of acid type and pH of extraction / Kaya M., et al. *Annals of Botany*. 2014. Vol. 114, № 6. P. 1319–1326. DOI: 10.1093/aob/mcu150.
15. Quality parameters and consumer acceptance of jelly candies based on pomegranate juice “Mollar de elche” / M. Cano-Lamadrid et al. *Foods*. 2020. Vol. 9, № 4. P. 516–533. DOI: 10.3390/foods9040516.
16. Adequacy of critical nutrients affecting the quality of the spanish diet in the ANIBES study / J. Olza et al. *Nutrients*. 2019. Vol. 11, № 10. P. 2328–2339. DOI: 10.3390/nu11102328.
17. Cappa C., Lavelli V., Mariotti M. Fruit candies enriched with grape skin powders: Physicochemical properties. *LWT-Food Science and Technology*. 2015. Vol. 62. P. 569–575. DOI:10.1016/j.lwt.2014.07.039.
18. Shaaban H. A, El-Said Ali N. M, Nagib A. I. Dates utilization to process some new dietary products (marshmallow and marmalade) and their acceptability evaluation. *Asian Journal of Biotechnology*. 2020. Vol. 12, № 1. P. 47–55. DOI: 10.3923/ajbkr.2020.47.55.
19. Farias Silva C. E., Souza Abud A. K. Tropical fruit pulps: processing, product standardization and main control parameters for quality assurance. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2017. Vol. 60. P. 1–12. DOI: 10.1590/1678-4324-2017160209.
20. Emelike T. N. Ju., Arusu O. M. Quality attributes of jams and marmalades produced from some selected tropical fruits. *Journal of Food Processing & Technology*. 2019. Vol. 10. P. 5–12. DOI: 10.4172/2157-7110.1000790.
21. Chemical composition and rheological characterization of pistachio green hull's marmalade / T. M. Moghaddam et al. *Journal of Texture Studies*. 2009. Vol. 40. P. 390–405. DOI: 10.1111/J.1745-4603.2009.00188.X.
22. Use of orange by-products (dry peel) as an alternative gelling agent for marmalade production: evaluation of antioxidant activity and inhibition of HMF formation during different storage temperature / V. Sicari et al. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2018. Vol. 42, № 2. P. 13429–14438. DOI: 10.1111/jfpp.13429.
23. Effect of interaction between sorbitol and gelatin on gelatin properties and its mechanism under different citric acid concentrations / H. Dai et al. *Food Hydrocolloids*. 2020. Vol. 101. P. 105557–105564. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.105557.
24. Green synthesis of supermagnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>–MgO nanoparticles via Nutmeg essential oil toward superior anti-bacterial and anti-fungal performance / S. M. Mousavi et al. *Journal of Drug Delivery Science and*



*Technology*. 2019. Vol. 54. P. 101352–101363. DOI: 10.1016/j.jddst.2019.101352.

25. Apple pectin supported superparamagnetic ( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) maghemite nanoparticles with antimicrobial potency / P. Rana et al. *Materials Science for Energy Technologies*. 2019. Vol. 2, № 1. P. 15–21. DOI: 10.1016/j.mset.2018.09.001.

26. Polysaccharide-modified iron oxide nanoparticles as an effective magnetic affinity adsorbent for bovine serum albumin / Y. Y. Liang et al. *Colloid and Polymer Science*. 2007. Vol. 285, № 11. P. 1193–1199. DOI: 10.1007/s00396-007-1672-2.

27. Protein based nanostructures for drug delivery / D. Verma et al. *Journal of Pharmaceutics*. 2018. P. 854–872. DOI: 10.1155/2018/9285854.

28. Zein bio-nanoparticles: A novel green nanopolymer as a dispersive solid-phase extraction adsorbent for separating and determining trace amounts of azorubine in different foodstuffs / B. Zargar et al. *RSC Advances*. 2016. Vol. 6, № 77. P. 73096–73105. DOI: 10.1039/C6RA09027C.

29. Tsykhanovska I. Development of molded jelly marmelad technology with the introduction of food additive «Magnetofood». *Вісник нац. техн. ун-ту «ХПІ»*. Сер. Нові рішення в сучасних технологіях. 2019. № 10 (1335). С. 109-120. DOI: 10.20998/2413-4295.2019.10.14.

30. Influence of the «Magnetofood» food supplement on the structural and mechanical properties of molded fruit jelly with various structure-forming agents / I. Tsykhanovska et al. *Вісник нац. техн. ун-ту «ХПІ»*. Сер. Нові рішення в сучасних технологіях. 2019. № 5 (1330). С. 175-186. DOI: 10.20998/2413-4295.2019.05.23.

31. Иванушко Л. С. Рецептуры на мармелад, пастилу и зефир. Москва: Пищевая промышленность, 1974. 208 с.  
Стаття надійшла до редакції 14.04.2021р.

I. Tsykhanovska<sup>1</sup>, A. Alexandrov<sup>1</sup>, T. Gontar<sup>1</sup>, Z. Kovalenko<sup>2</sup>, V. Makarenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ukrainian Engineering-Pedagogics Academy

<sup>2</sup>National Pharmaceutical University

<sup>3</sup>Kharkiv Radio Engineering College

## IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF JELLY FORMED JAM WITH THE USE OF FOOD ADDITIVE "MAGNETOFOOD"

### Summary

The article proves the expediency of using food nanoadditive "Magnetofood" in the technology of molded jelly marmalade in order to solve the problem of stabilizing the gel-like structure of jelly marmalade products and the formation of their quality. Magnetofood is a double oxide of divalent and trivalent iron: FeO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, a highly dispersed powder with a particle size of 70–80 nm, which has a complex action: amphiphilic, amphoteric, structure-forming and stabilizing properties. It was found that the addition of food additive "Magnetofood" in the form of an aqueous suspension at the stage of "swelling-dissolution" of the gelling agent improves the shape, surface and



consistency due to the structure-forming and stabilizing action of amphiphilic, surface-active nanoparticles "Magnetofood"; increases the moisture content by 1,15–1,16 times in agar samples and 1,13–1,14 times in pectin samples due to the water holding capacity of the food additive; reduces the total acidity by 1,05–1,08 times in agar samples and 1,06–1,09 times in pectin samples due to the amphoteric properties of the additive "Magnetofood" and sorption of acidic substances on the nanoparticles of the food additive, inhibiting the acid hydrolysis of the main gelling component (agar, pectin); increases the strength of marmalade jelly by 1,3–1,5 times in samples on agar) and 1,22–1,4 times in samples on pectin, which is due to the ability of nanoparticles of the additive "Magnetofood" to interact with polysaccharide molecules and forming an ordered spatial framework that strengthens gel-like structures. As a result, a good texture of molded jelly marmalade is formed, which gives it high consumer properties and prolongs the shelf life of its freshness, in particular, significantly reduces the release of moisture during storage; inhibits microbial contamination of the surface of marmalade samples. In addition, the rational content of the food additive "Magnetofood" – 0,15% by weight of the prescription mixture; technological schemes of marmalade production on agar and pectin are developed.

**Key words:** food additive "Magnetofood", marmalade, recipe, technology, quality and safety indicators.

**И.В. Цихановская<sup>1</sup>, А.В. Александров<sup>1</sup>, Т.Б.Гонтарь<sup>1</sup>, З.И. Коваленко<sup>2</sup>,  
В.В. Макаренко<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Украинская инженерно-педагогическая академия

<sup>2</sup>Национальный фармацевтический университет

<sup>3</sup>Харьковский радиотехнический колледж

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МАРМЕЛАДА ЖЕЛЕЙНОГО ФОРМОВОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ «МАГНЕТОФУД»**

### **Аннотация**

В статье доказана целесообразность использования пищевой нанодобавки «Магнетофуд» в технологии формового желейного мармелада с целью решения проблемы стабилизации гелеподобной структуры желейных мармеладных изделий и формирования их качества. «Магнетофуд» – двойной оксид двух- и трехвалентного железа:  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ , высокодисперсный порошок с размером частиц 70–80 нм, который имеет комплексное действие: амфифильные, амфотерные, структурообразующие и стабилизирующие свойства. Установлено, что добавление пищевой добавки «Магнетофуд» в виде водной суспензии на этапе «набухания-растворения» гелеобразователя улучшает форму, поверхность и консистенцию; увеличивает содержание влаги в 1,15–1,16 раза в образцах на агаре и в 1,13–1,14 раза в образцах на пектине; уменьшает общую кислотность в 1,05–1,08 раза в образцах на агаре и в 1,06–1,09 раза в образцах на пектине; повышает прочность мармеладного студня в 1,3–1,5 раза в образцах на агаре и в 1,22–1,4 раза в образцах на пектине; подавляет микробную контаминацию поверхности мармеладных образцов. Кроме того, установлено рациональное содержание пищевой добавки «Магнетофуд» – 0,15% от массы рецептурной смеси; разработаны технологические схемы производства мармелада на агаре и пектине.

**Ключевые слова:** пищевая добавка «Магнетофуд», мармелад, рецептура, технология, показатели качества и безопасности.



УДК 637.521.4

Н. В. Новікова, к.с.-г.н.

ORCID: 0000-0002-3324-965X

В. О. Кірін, магістрант

ORCID: 0000-0002-6594-5828

*Херсонський державний аграрно-економічний університет*

e-mail: Novikova-NV@i.ua

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ШЛЯХОМ ЗБАГАЧЕННЯ ЇХ МІКРОНУТРИЄНТАМИ

**Анотація.** Метою роботи є наукове обґрунтування і розробка м'ясних напівфабрикатів з використанням природних добавок порошків моркви та шпинату. Одним із показників споживної цінності харчового продукту є його хімічний склад. Порошок моркви та шпинату має показники, які дають можливість використовувати їх як компоненти рецептури. Харчові волокна які містяться в них на рівні 0,9 - 1,3 г. уповільнюють процес засвоєння цукру, що дозволяє підтримувати стабільну кількість глюкози в крові.

При додаванні порошку шпинату та моркви вміст білка в продукті знижується, це пов'язано з заміною свинини на порошок рослинного походження, при цьому кількість жирів і калорійність продукту – знижується. Завдяки додаванню рослинних волокон підвищується вміст вуглеводів. Дослідження показали, що коригування рецептурного складу пельменів досліду 1 та досліду 2 зменшило вміст жирів в порівнянні з контролем на 11% та 27% відповідно порівняно з контролем.

**Ключові слова:** напівфабрикати, порошок, морква, шпинат, рецептура.

**Постановка проблеми.** На сьогодні розв'язання проблеми здорового харчування є найважливішим та актуальним державним завданням, пов'язаним із соціальною стабільністю суспільства і здоров'ям населення [3,5]. Деформований харчовий раціон сучасної людини – дефіцит повноцінного білка, мінеральних елементів (йоду, селену, заліза), вітамінів антиоксидантного характеру і фолієвої кислоти, поліненасичених жирних кислот, харчових волокон – не може забезпечити рекомендованих фізіологічних норм споживання есенціальних нутрієнтів, що знижує фізичну та розумову працездатність, скорочує тривалість життя. Згідно із сучасними науковими досягненнями нутриціології, формула харчування людини третього тисячоліття передбачає використання у раціоні





функціональних харчових продуктів. Перспективним шляхом розроблення технології м'ясних кулінарних виробів функціонального призначення є використання рослинної сировини, зокрема порошоків шпинату та моркви, як природного джерела макро- та мікроелементів [7,10].

У зв'язку із вищевикладеним і, враховуючи недостатність на продовольчому ринку України продуктів функціонального призначення, наукове обґрунтування і розроблення технології м'ясних кулінарних виробів з використанням функціональних інгредієнтів рослинного походження є актуальним.

*Аналіз останніх досліджень.* Одним з актуальних завдань харчової промисловості та товарознавства продовольчих товарів є розробка та оцінка якості м'ясних емульсійних продуктів з оздоровчими властивостями, що користуються популярністю та доступні за ціною для широкого кола споживачів [1]. Для подальшого завоювання споживчого ринку даною групою продуктів необхідним є покращення або збереження їх смакових характеристик з одночасним забезпеченням збалансованості за жирнокислотним, амінокислотним, вуглеводним та мікронутрієнтним складом, що надасть оздоровчих властивостей. Нові рецептури м'ясних емульсійних продуктів розробляються з урахуванням того, що кінцевий продукт повинен бути стабільний за якістю та безпечністю, мати стабільні органолептичні характеристики [9, 12].

Найбільш поширеним напрямом розробки м'ясної продукції з підвищеною харчовою цінністю є конструювання заданого складу продукції з використанням принципу збагачення. Продукти збагачують інгредієнтами, що володіють оздоровчими, лікувально-профілактичними властивостями, з метою попередження чи усунення дефіциту незамінних харчових нутрієнтів: харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин, поліненасичених жирних кислот, тощо. Тому науковою основою сучасної стратегії створення оздоровчих продуктів є пошук нових ресурсів незамінних компонентів їжі [1-5].

Наукові роботи сучасних учених харчової галузі головним чином орієнтовані на розробку способів виробництва функціональних продуктів, зокрема: низькокалорійних м'ясних продуктів, збагачених рослинними, тваринними білками та харчовими волокнами, м'ясних продуктів, збагачених вітамінами, поліненасиченими жирними кислотами, мінеральними речовинами, пробіотичними культурами мікроорганізмів [8].

*Формулювання цілей статті.* Метою роботи є наукове обґрунтування і розробка м'ясних напівфабрикатів з використанням природних добавок порошоків моркви та шпинату для поліпшення їх споживних властивостей.





*Основна частина.* Одним із показників споживної цінності харчового продукту є його хімічний склад. Тому метою при дослідженні даної теми була необхідність аналізу складу порошку шпинату та моркви, що планується використовувати при розробці пельменів функціональної спрямованості (Табл. 1).

З таблиці 1 видно, що порошок моркви та шпинату має показники, які дають можливість використовувати їх як компоненти рецептури. Одним з важливих факторів при виборі добавки є також те, що в порошку обраних харчових продуктів містяться антиоксиданти, які запобігають розвитку злоякісних пухлин і якщо вони є, то успішно ведуть з ними боротьбу. Харчові волокна які містяться в них на рівні 0,9 - 1,3 г. уповільнюють процес засвоєння цукру, що дозволяє підтримувати стабільну кількість глюкози в крові.

Шпинат забезпечує організм поживними речовинами, виводить шлаки і токсини. Тільки в моркві міститься більше каротину, ніж у шпинаті, а завдяки досить високому вмісту заліза шпинат допомагає гемоглобіну стати активніше і краще постачати клітини киснем; він покращує обмін речовин і сприяє виробленню організмом енергії [11].

Таблиця 1

Хімічний склад моркви та шпинату у розрахунку на 100 г.

Показник	Морква	Шпинат
Мінеральний склад		
Залізо, мг	0,7	13,51
Калій, мг	200,0	774,0
Кальцій, мг	27,0	106,0
Магній, мг	38,0	82,0
Натрій, мг	21,0	24,
Сірка, мг	6,0	0,53
Фосфор, мг	55,0	83,0
Поживна цінність		
Вуглеводи, г	6,9	2,0
Жири, г	0,1	0,3
Білки, г	1,3	2,9
Харчові волокна, г	0,9	1,3

З метою встановлення впливу різної кількості порошку моркви та шпинату на споживчі властивості пельменів були створені наступні дослідні зразки:

- дослід 1 – пельмені «Запашні Українські» з додаванням в м'ясний фарш порошку шпинату - 3% та моркви - 4%;
- дослід 2 – пельмені «Нетрадиційні пельмені» з додаванням в м'ясний фарш порошку шпинату - 5% та моркви - 9%.



Контролем слугували пельмені «Українські» виготовлені за традиційною рецептурою. Рецептури контролю і дослідів представлені в табл. 2.

Таблиця 2

## Рецептура пельменів

Складові	Контроль, г	«Запішні Українські» (Дослід 1)	«Нетрадиційні Українські» (Дослід 2)
Свинина			
– жирна	10	7	3
– напівжирна	20	16	15
Яловичина			
– I сорт	26	26	26

*Продовження табл.2*

Борошно пшеничне в/г	38	38	38
Меланж	2	2	2
Цибуля	4	4	4
Порошок моркви	-	3	5
Порошок шпинату	-	4	9
Всього	100	100	100

Для дослідження впливу порошоків моркви та шпинату на формування якості м'ясних пельменів спочатку провели розрахунок хімічного складу експериментальних об'єктів пельменів. Результати розрахунку хімічного складу контролю та дослідних зразків наведено в табл. 3.

Таблиця 3.

## Розрахунковий хімічний склад пельменів

Показники	Контроль	«Запішні Українські» (Дослід 1)	«Нетрадиційні Українські» (Дослід 2)
Білки	13,22	13,11	11,70
Жири	10,74	9,76	7,82
Вуглеводи	40,35	47,81	51,65
Ккал	302,81	287,96	271,63

При додаванні порошку шпинату та моркви вміст білка в продукті знижується, це пов'язано з заміною свинини на порошок рослинного походження, при цьому кількість жирів і калорійність продукту –



знижується. Завдяки додаванню рослинних волокон підвищується вміст вуглеводів.

Біологічне значення жирів зумовлене тим, що вони є носіями поліненасичених жирних кислот, фосфоліпідів, які необхідні для нормального функціонування організму людини, проте їх надлишок призводить до розвитку ожиріння, атеросклерозу та гіпертонічних захворювань [13]. Дослідження показали, що коригування рецептурного складу пельменів досліду 1 та досліду 2 зменшило вміст жирів в порівнянні з контролем на 11% та 27% відповідно порівняно з контролем.

Результати досліджень ступеня задоволення добової потреби людини в мінеральних речовинах, свідчить про зростання кількості мікро – та макроелементів у дослідних зразках пельменів (табл. 4).

Так, дані табл. 4 свідчать, що при споживанні 100 г пельменів «Запішні Українські» та «Нетрадиційні Українські» добова потреба у марганці задовольняється на 14,8 % та 21,6% відповідно, кількість натрію у дослідному зразку 1 та 2 відповідно підвищилася на 4,7 та 14,9% відповідно порівняно з контролем.

Таблиця 4

Ступінь задоволення добової потреби людини в мінеральних речовинах, (при споживанні 100 г пельменів)

Мінеральні речовини	Добова потреба, мг	Ступінь задоволення,%		
		Конт- роль	«Запішні Українські» (Дослід 1)	«Нетрадиційні Українські» (Дослід 2)
Кальцій (Ca)	3000	1,8	10,4	18,6
Магній (Mg)	800	2,5	14,8	21,6
Фосфор (P)	400	4,7	19,7	33,1
Калій (K)	1600	8,5	14,7	33,2
Натрій (Na)	4000	8,0	12,7	32,9
Залізо (Fe)	15	3,7	11,2	17,7

#### Висновки.

1. Була проведена оцінка потенціалу джерел рослинних компонентів шпинату та моркви для виробництва продуктів харчування.

2. Обґрунтовано доцільність використання порошку шпинату та моркви для створення м'ясних пельменів функціонального призначення.

3. Встановлено оптимальну кількість порошків шпинату та моркви в м'ясному фарші пельменів. Його кількість відповідно складає 5% та 9% при заміні жировмісного компоненту – свинини жирної.



4. Проаналізовано ступінь задоволення добової потреби людини в мінеральних речовинах, (при споживанні 100 г пельменів).

#### Список використаних джерел

1. Асланова М. А., Деревицкая О. К., Дыдыкин А. С. Функциональные продукты на мясной основе, обогащенные растительным сырьем. *Мясная индустрия*. 2017. № 6. С. 45-47.
2. Вайтанис М. А. Обогащение котлетного фарша растительным сырьем. *Ползуновский вестник*. 2016. № 2/2. С. 217-220.
3. Донцова Н. Т., Сивачева А. М., Ниценко Т. П. Качественные и безопасные продукты – основа здорового питания *Мясная индустрия*. 2017. № 2. С.20-23.
4. Кузьмичева М. Б. Основные тенденции развития мясоперерабатывающей промышленности. *Мясная индустрия*. 2018. № 8. С. 5-9.
5. Лаврова Л. Ю. Натуральные ингредиенты для обогащения мясных изделий. *Мясные технологии*. 2016. № 11. С. 50-51.
6. Маринець М.В., Дзюндзя О.В. Удосконалення технології кексів за рахунок використання місцевої сировини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2020. Вип. 20, т. 3. С. 208-217
7. Пасічний В. М. Удосконалення технологій напівфабрикатів кулінарних на основі м'яса птиці та каротиновмісної сировини. Київ: Колос, 2015. С. 152-155.
8. Трибух Ю.В., Дзюндзя О.В. Порівняльна оцінка якості заморожених напівфабрикатів млинців з м'ясним фаршем. *Науково-інформаційний вісник біолого-технологічного факультету*. 2020. Вип. 13. с.360-362.
9. Luning P. A., Marcelis W. J. Food quality management: a technological and managerial principles and practices. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2009. 425 p.
10. Richard M. D., McPerson R., Matthew M. D. Pincus. Henry's Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods. Commended, Basic and Clinical Sciences, BMA Awards, 2006. 1472 p.
11. Grundy S. M. Trans monoun saturated fatty acids and some cholesterol levels. *Med*. 2017. Vol. 323, № 7. P. 480-481.
12. Finley J. W. The nexus of food, energy, and water. *Agric Food Chem*. 2014. Vol. 62, № 27. P. 6255-6262. DOI: 10.1021/jf501496r.
13. Chuman Z., Xiaojun Y. L. W., Liti Z. Antioxidant effect of flavonoids extracted from rosehip seeds on edible oils. *Zhongguo youzhi China Oils and Fats*. 2010. Vol. 35, № 1. P. 44-46.

Стаття надійшла до редакції 1.02.2021р.



**N. Novikova, V. Kirin**  
**Kherson state agricultural university**

## **INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF MEAT SEMI-FINISHED PRODUCTS BY ENRICHING THEM WITH MICRONUTRIENTS**

### *Summary*

A promising way to develop the technology of functional meat products is the use of vegetable raw materials, including spinach and carrot powders, as a natural source of macro- and micronutrients. The most common direction of development of meat products with high nutritional value is the construction of a given composition of products using the principle of enrichment. The products are enriched with ingredients that have health, therapeutic and prophylactic properties, in order to prevent or eliminate the deficiency of essential nutrients. The aim of the work is to scientifically substantiate and develop semi-finished meat products using natural additives of carrot and spinach powders to improve their consumer properties. According to the results of research, it is established that carrot and spinach powder has indicators that make it possible to use them as components of the recipe. One of the important factors when choosing a supplement is also that the powder of selected foods contains antioxidants that prevent the development of malignant tumors and, if they exist, they successfully fight them. Dietary fiber contained in them at the level of 0.9 - 1.3 g slows down the process of sugar absorption, which allows you to maintain a stable amount of glucose in the blood. The biological significance of fats is due to the fact that they are carriers of polyunsaturated fatty acids, phospholipids, which are necessary for the normal functioning of the human body, but their excess leads to obesity, atherosclerosis and hypertension. Studies have shown that adjusting the recipe for dumplings in Experiment 1 and Experiment 2 reduced the fat content compared to controls by 11% and 27%, respectively, compared to controls. The results of studies of the degree of satisfaction of the daily human need for minerals, indicates an increase in the number of micro- and macronutrients in the experimental samples of dumplings. When consuming 100 g of pelmeni "Zapishni Ukrainski" and "Non-traditional Ukrainski" the daily requirement for manganese is satisfied by 14.8% and 21.6%, respectively, the amount of sodium in experimental samples 1 and 2, respectively, increased by 4.7 and 14.9% respectively compared to the control.

**Key words:** semi-finished products, powder, carrots, spinach, recipe.

**Н.В. Новикова, В. А. Кирич**  
**Херсонский государственный аграрно-экономический университет**

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ПУТЕМ ОБОГЩЕНИЯ ИХ МИКРОНУТРИЕНТАМИ**

### *Аннотация*

Целью работы является научное обоснование и разработка мясных полуфабрикатов с использованием природных добавок порошков моркови и шпината. Одним из показателей потребительской ценности пищевого продукта является его химический состав. Порошок моркови и шпината имеет показатели, которые дают возможность использовать их как компоненты рецептуры. Пищевые волокна содержащиеся в них на уровне 0,9 - 1,3 г. замедляют процесс усвоения сахара, позволяет поддерживать стабильное количество глюкозы в крови. При



добавлении порошка шпината и моркови содержание белка в продукте снижается, это связано с заменой свинины в порошок растительного происхождения, при этом количество жиров и калорийность продукта - снижается. Благодаря добавлению растительных волокон повышается содержание углеводов. Исследования показали, что корректировка рецептурного состава пельменей опыта 1 и опыта 2 уменьшило содержание жиров в сравнении с контролем на 11% и 27% соответственно по сравнению с контролем.

**Ключевые слова:** полуфабрикаты, порошок, морковь, шпинат, рецептура.





УДК 631.563.2:[631.17:634.23]

С. Ю. Миколенко, к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-1959-1141

П. В. Баранік, асп.

ORCID: 0000-0001-9520-9082

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

e-mail: mykolenko.s.yu@dsau.dp.ua, тел:098-964-26-84

## ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ОБРОБКИ ЧЕРЕШЕНЬ

**Анотація.** Стаття присвячена особливостям техніко-технологічного забезпечення процесу отримання сушених черешень високої якості і мікробіологічної стійкості. Щільність і усадка сушених черешень залежали від кінцевої вологості продукту і, відповідно, від температури шару продукту під час обробки. Сушіння черешень в стаціонарному режимі при температурі шару 80 ° С негативно вплинуло на зовнішній вигляд, колір, аромат, смак і разжовуваність продукту. Максимальні значення водопоглинальної здатності були досягнуті протягом 180 хвилин гідратації сушених плодів і були в 1,2 рази вищими за зниженої до 70 ° С температури шару під час сушіння. Встановлене значне поліпшення мікробіологічної стабільності продукту і повне знищення плісневих грибів після інфрачервоної обробки замороженої черешні, що сприятиме зниженню втрат сировини в продовольчому ланцюгу.

**Ключові слова:** черешні, інфрачервона обробка, фізико-хімічні показники, мікробіологічна стійкість

**Постановка проблеми.** Черешня (*Prunus avium L.*) – відома плодова рослина. Плоди черешні володіють різними біологічно активними властивостями, зокрема антиоксидантною, антиканцерогенною і протизапальною [1–3]. Черешня з глибокої давнини застосовувалися в лікувальних цілях [1]. М'якоть плодів черешні містить до 10 % цукрів, геміцелюлозу, клітковину, пектини, органічні кислоти, вітаміни С, групи В, флавоноїдніглікозиди – гідроксицинамичні кислоти і його похідні, антоціани (ціанідин 3-глюкозид, ціанідин 3-рутинозид, пеларгонідин 3-рутинозид і пеонідин 3-рутинозид), фарбувальні речовини, ефірну олію, амігдалин, кумарини. У м'якоті черешень багато солей заліза [4–6].

Відомо, що 60 % плодів *Prunus avium L.* постачається у торговельні мережі у свіжому вигляді, а за умови охолодження черешні зберігають свої споживчі властивості короткочасно – до двох тижнів.



Зневоднення відноситься до ефективних методів консервування плодової сировини. Відомі способи сушіння плодової сировини мають ряд суттєвих недоліків: тривалість і нерівномірність сушіння, втрати біологічно активних речовин, погіршення органолептичних та фізико-хімічних показників якості плодів [7, 8]. В останні роки для інтенсифікації процесу сушіння рослинної сировини використовують струми високої і надвисокої частот, опромінення різної частоти та ін. [3, 9]. Вважається, що використання інфрачервоної обробки плодоовочевої сировини дозволяє максимально зберегти біологічно активні сполуки у кінцевому продукті [4, 10].

Черешні і вишні використовуються для виробництва джемів, желе, мармеладу, сиропів і безалкогольних напоїв [2]. Але на відміну від вишні, черешні відносяться до швидкокопсувної сировини. Тому зневоднення як метод їх консервування може суттєво знизити втрати продовольчої сировини, а за умови раціональних режимів обробки дозволяє досягати високої якості і мікробіологічної стійкості сушеного продукту.

*Аналіз останніх досліджень.* Для сушіння черешні можна використовувати радіаційне, конвективне, інфрачервоне, які характеризуються різними режимами тепловіддачі, теплової конвекції і випромінювання [11, 12]. Радіаційне сушіння є одним з найпоширеніших методів, відомих з давніх часів, оскільки використовується природний ресурс, що не вимагає додаткових енергетичних витрат. Але такий метод важко назвати технологічним і безпечним з точки зору виникнення фізичних і біологічних ризиків. Застосування інфрачервоного (ІЧ) випромінювання у поєднанні з попередньою підготовкою сировини має ряд переваг, до яких відноситься зменшення тривалості процесу, висока енергоефективність, рівномірність нагрівання продукту і підвищення його якості [13–16].

У роботі [15] доведено підвищення загальної кількості антоціанів у продукті при використанні інфрачервоного випромінювання, також показано скорочення тривалості обробки продукту з 8 до 4 годин порівняно із конвективним сушінням. Авторами [16] досліджено вплив лужної емульсії етилолеату і температури (60, 70 і 75 °С) на тривалість сушіння черешень. Доведене зменшення тривалості сушіння дослідних попередньо оброблених лужною емульсією етилолеату зразків на 19,5–22,6 % порівняно з контролем. В роботі [17] досліджено вплив різних способів обробки на кінетику сушіння і колір недозрілих і стиглих плодів черешні [17]. Сушіння проводили при температурі 70 °С, а плоди піддавали: бланшуванню і заморожуванню; бланшуванню і зануренню у розчин кислоти; бланшуванню і зануренню у сольовий розчин кислоти. Встановлено, що за останніх двох підходів колір



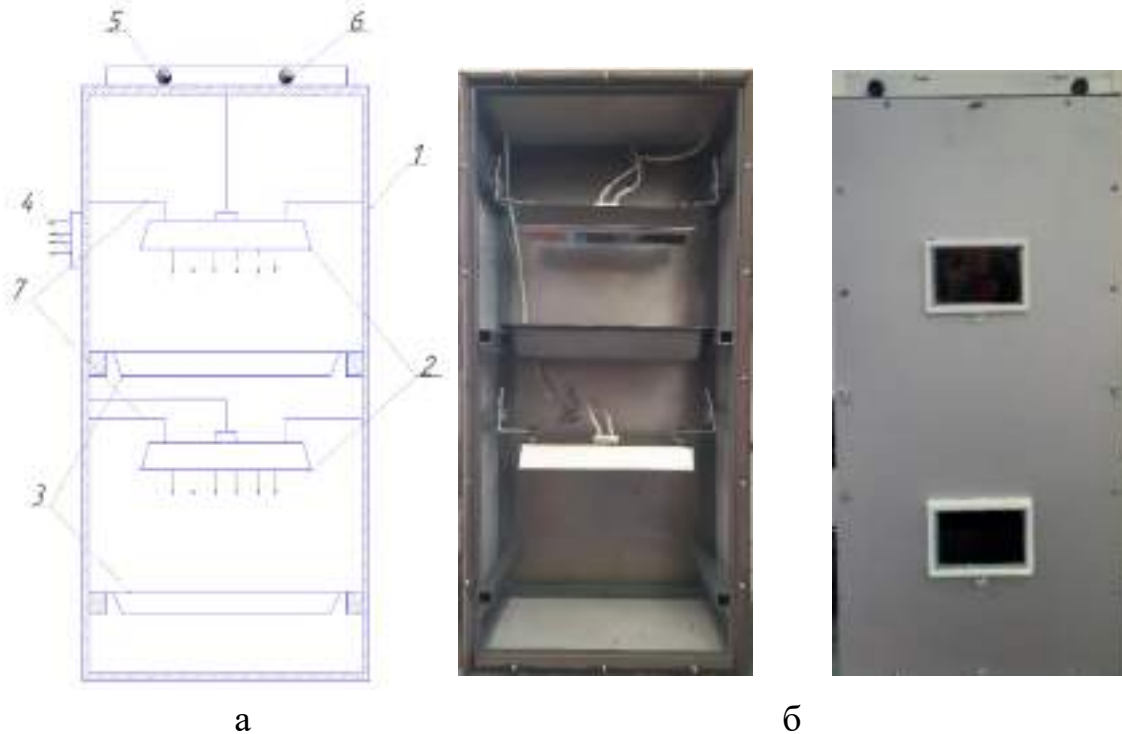
плодів краще зберігався, а попередня обробка дозволяла суттєво скоротити тривалість сушіння. Попереднє заморожування черешні позитивно позначалося на органолептичних показниках сушеного продукту [18], отриманого шляхом ІЧ-обробки. Виявлено, що висушування черешень інфрачервоним випромінюванням раціональне до вологості 10–18 %, що дозволяє отримати продукт найвищої якості.

Загалом, сушіння плодової сировини направлене на скорочення вмісту вологи до рівня, що дозволяє безпечно зберігати її протягом тривалого періоду, запобігаючи псуванню продукції під впливом біотичних факторів – розвитку мікроорганізмів псування. До інших переваг сушених продуктів є мінімізовані вимоги до упаковки і нижчі витрати на доставку внаслідок зниження об'єму і ваги.

*Формулювання мети статті.* Сушіння черешень потребує техніко-технологічного обґрунтування, що здатне забезпечити високу якість кінцевої продукції та її мікробіологічну стійкість. Тому метою роботи є визначення впливу інфрачервоної обробки на швидкість сушіння попередньо заморожених плодів черешні, фізико-хімічні, органолептичні і мікробіологічні показники якості сушених черешень.

*Основна частина.* Для проведення досліджень у якості сировини використовували черешні червоні сорту Валерій Чкалов 2019 року врожаю, які були зібрані та попередньо заморожені при температурі  $-17\pm 1$  °С і зберігались за таких умов протягом 20–24 діб. Дана сировина, на відміну від свіжої, характеризувалась погіршенням аромату, притаманного черешні, зміною кольору та появою побуріння плодів після розморожування. Перед сушінням черешні червоні заморожені попередньо розморожували при 24–26 °С протягом 30 хв., промивали водою та видаляли кісточки. Сушіння черешні проводилось у експериментальній лабораторній ІЧ-установці (рис. 1). Основні технічні характеристики лабораторної установки наступні: потужність кварцевих ІЧ-випромінювачів – 1 кВт, потужність вентилятора – 24 Вт, площа робочої поверхні – 0,038 м<sup>2</sup>, межі регулювання підвісу ІЧ-випромінювачів 160-190 мм, регулятори потужності – 1 кВт. Габаритні розміри установки і ІЧ-випромінювача становлять 255×370×770 мм і 90×250×35 мм відповідно. Сушіння проводили в стаціонарному режимі при температурі шару 70 і 80 °С (зразок 1 і 2 відповідно) із регуляцією інтенсивності сушіння шляхом зміни потужності ІЧ-випромінювачів за допомогою регулятора марки PWR2000. Відстань від кварцевих ІЧ-випромінювачів до шару продукту становила 19 мм. Черешні висушувались у шарі, товщина якого була рівною радіусу плодів (16–17 мм). Вага зразку черешні, який висушували у стаціонарному шарі, становила 200 г. Температуру під час сушіння фіксували за допомогою термопари. Загальна тривалість ІЧ-сушіння черешень для усіх дослідних зразків була рівною 240 хв. Перед завантаженням продукту

проводилось попереднє розігрівання шафи протягом 1,5 хв. Досліди проводили у трьох повтореннях.



а – конструкція (1 – корпус; 2 – кварцеві ІЧ-випромінювачі; 3 – деко; 4 – вентилятор; 5 – регулятор потужності нижнього випромінювача; 6 – регулятор потужності верхнього випромінювача; 7 – регулятор висоти лампи); б – зовнішній вигляд установки

Рисунок 1. Експериментальна лабораторна установка для інфрачервоної обробки продовольчої сировини

Вологість продукту визначали термогравіметричним методом, кислотність – потенціометричним методом на приладі EZODO MP-103GL. Усадку черешні визначали за об'ємом витісненої води до і після сушіння. Водопоглинальна здатність була визначена протягом 300 хв. шляхом занурення плодів у воду кімнатної температури і визначенням ваги плодів, попередньо висушених фільтрувальним папером для видалення вологи з поверхні черешень. Дериватографічні дослідження було проведено на дериватографі «Паулік-Паулік-Ердей» марки Q-1500D при швидкості зміни температури в печі  $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{хв}$  до температури  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Мікробіологічний контроль рослинної сировини проводили до і після сушіння. Для цього зразки свіжих і сушених черешень запаковували під вакуумом в крафт-пакети для визначення кількості мезофільних аеробних і факультативних анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ) та плісневих грибів (ДСТУ 8051:2015).

На рис. 2 наведено зміну вологовмісту плодів черешні під час сушіння за різної температури шару. Як видно з представлених даних, максимальна швидкість видалення вологи спостерігається протягом

перших двох годин обробки продукту. Зниження вологовмісту з 92 до 27 % відбувається через 2 і 3 години сушіння зразків 1 і 2 відповідно.

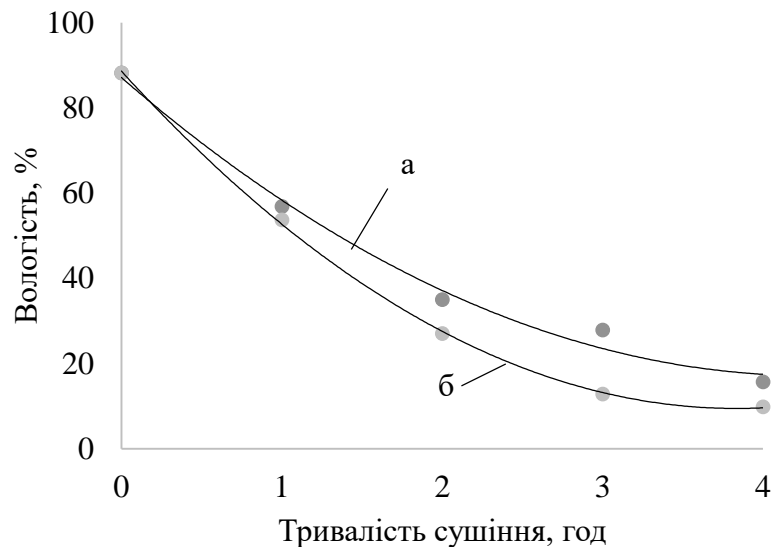


Рисунок 2. Зміна вологості черешень, отриманих при температурі шару під час сушіння: а – 70°C; б – 80°C

Для оцінки фізико-хімічних показників якості сушених черешень (рис. 3) аналізували активну кислотність, вологість, густину і усадку плодів (табл. 1). Активна кислотність і густина у досліджуваних зразках знаходилася майже на одному рівні, в той час як вологість для сушених заморожених черешень при 70 °C становила 15,5 %, а при 80 °C – 9,9 %. У роботі [18] раціональним було встановлено висушування черешень інфрачервоним випромінюванням до вологості 10–18 %, що дозволяло отримати продукт вищої якості.

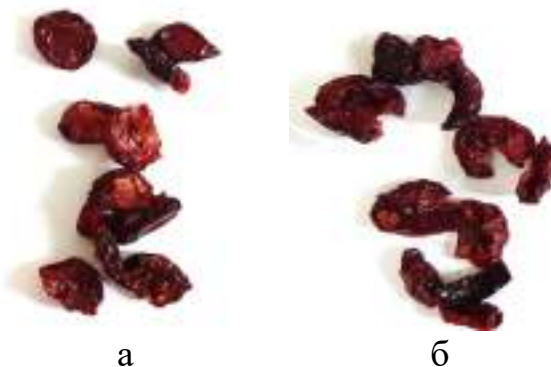


Рисунок 3. Зразки сушених черешень, отриманих при температурі шару під час сушіння: а – 70°C; б – 80°C

Активна кислотність зразків становила 3,38–3,41, тобто суттєво не відрізнялася для сушеної черешні, отриманої за різних температурних режимів. Своєю чергою, густина і усадка сушених черешень була вищою для зразка 1, що пов'язано з більшим вологовмістом внаслідок нижчої температури шару під час сушіння черешень.

Таблиця 1

## Фізико-хімічні характеристики сушених черешень

№ зразка	pH	Вологість, %	Густина, г/см <sup>3</sup>	Усадка
1	3,41	15,5	1,07	0,35
2	3,38	9,9	1,03	0,12

При цьому ІЧ-сушіння черешень за температури шару 80 °С негативно позначилося на їх органолептичних властивостях. Як видно з рис. 4, за такого режиму відбувалось суттєве погіршення зовнішнього вигляду, кольору, аромату, смаку і розжовуваності черешень.

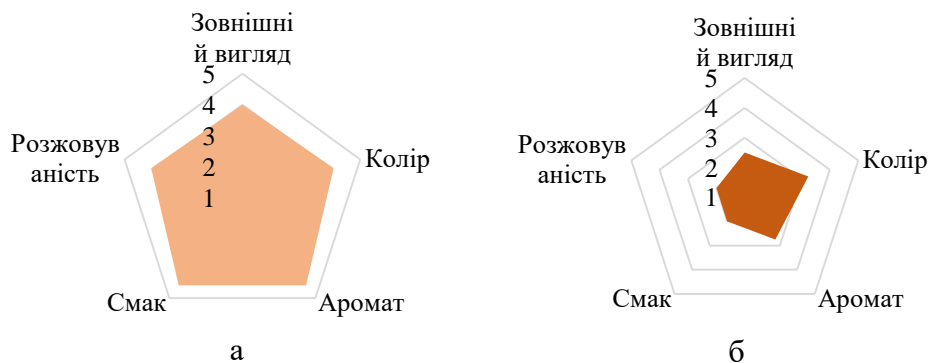


Рисунок 4. Органолептичні профілі сушених черешень, отриманих при температурі шару під час сушіння: а – 70 °С; б – 80 °С

На рис. 5 наведено зміну водопоглинальної здатності сушених черешень, що є важливим технологічним показником, який відображає не лише консистенцію продукту, але й обумовлює особливості його поведінки як інгредієнта харчових продуктів, наприклад, випічних напівфабрикатів.

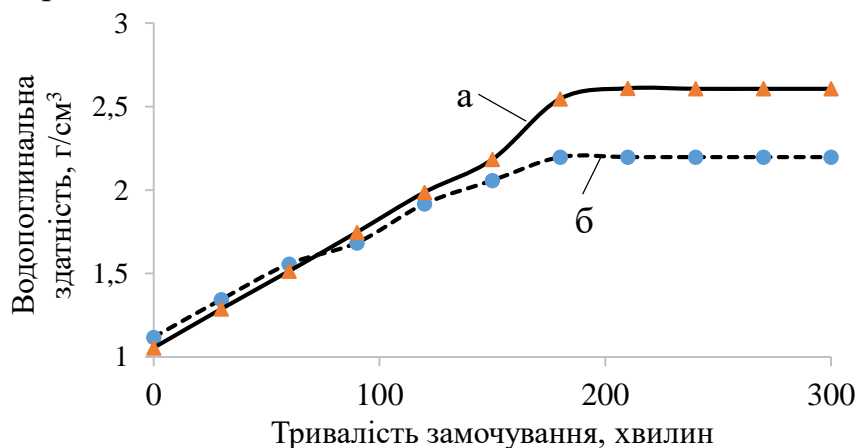


Рисунок 5. Зміна водопоглинальної здатності сушених черешень при обробленні: а – 70 °С; б – 80 °С





Як видно з приведених даних, після 90 хв. водопоглинальна здатність черешень, що були висушені до досягнення температури шару 80 °С, знижувалася порівняно зі зразками, які були висушені при 70 °С. Максимальне значення водопоглинальної здатності (2,2 і 2,6) було досягнуто через 180 хв. гідратації сушених плодів і було вищим у 1,2 рази при зниженій до 70 °С температурі шару під час ІЧ-обробки.

Заморожування і сушіння відносять до найбільш застосовуваних методів консервування плодоовочевої сировини. Під час заморожування відбувається фазове перетворення води плодів із рідкого стану в кристалічний, що перешкоджає перебігу мікробіологічних, біохімічних, фізіологічних процесів у сировині [19]. При цьому, за рахунок високої активності води черешні нестійкі до мікробіологічного псування [20, 21]. В табл. 2 показано особливості форм зв'язку вологи у висушених ІЧ-випромінюванням плодах черешні з вологістю 15,5 %.

Таблиця 2

## Форми зв'язку вологи в сушених черешнях

Форми зв'язку вологи	Всього	%	T <sub>0</sub> , °C	T <sub>к</sub> , °C	T <sub>пик</sub> , °C
Вільна волога, всього	200	71,7	24	160	-
фізико-механічна	120	52,2	24	100	-
осмотична	80	19,6	100	160	138
Адсорбційна волога, всього	85	28,3	160	248	
полімолекулярних шарів	30	15,2	160	200	-
мономолекулярних шарів	55	13,0	200	248	-

Встановлено, що після висушування основна частка вологи припадала на вільну, яка становила 72 %, із якої фізико-механічна волога складала 52 %. Максимальний пік видалення вологи припадав на 138 °С. Адсорбційна волога полі- і мономолекулярних шарів складала 15 і 13% всієї видаленої під час аналізу кількості води.

В табл. 3 показано зміну мікробіологічного стану черешень до і після сушіння.

Таблиця 3

## Мікробіологічні показники черешень до і після сушіння

Зразок черешень	КМАФАнМ, КУО в 1 г	Плісеневі гриби, КУО в 1 г
до обробки	15·10 <sup>-1</sup>	40
після обробки	<1·10 <sup>-1</sup>	відсутні



Внаслідок інфрачервоної обробки відбувається суттєва зміна мікробіологічного стану продукту, зокрема, загальна мікробіологічна забрудненість знижується більше, ніж у 15 разів. До того ж, досягається повне знищення плісневих грибів, які були присутні у вихідній сировині до інфрачервоного сушіння, що у поєднанні з низькою вологістю сушених черешень дозволяє забезпечити їх тривале зберігання, запобігаючи втратам цінної плодової сировини вздовж продовольчого ланцюга.

*Висновки.* Плоди черешні відносяться до швидкопсувної сировини, яка втрачає споживчі якості внаслідок низькотемпературної обробки. Інфрачервона обробка попередньо заморожених черешень дозволяє отримати сушений продукт, який можна застосовувати як самостійний або у складі випічних напівфабрикатів, сухих сніданків. При сушінні черешень у стаціонарному режимі інфрачервоним випромінюванням за температури шару продукту 70–80 °С максимальна швидкість видалення вологи спостерігається протягом перших двох годин обробки продукту, а зниження вологовмісту з 92 до 27 % відбувається через 2 і 3 години сушіння. Сушені черешні характеризуються низьким значенням активної кислотності на рівні 3,38–3,41, а густина черешень і їх усадка суттєво залежать від кінцевого вологовмісту продукту, і відповідно, від температури шару черешень під час інфрачервоної обробки. Сушіння черешень у стаціонарному режимі за температури шару 80 °С негативно позначалося на зовнішньому вигляді, кольорі, ароматі, смаку і розжовуваності черешень. Максимальні значення водопоглинальної здатності було досягнуто через 180 хв. гідратації сушених плодів і було вищим у 1,2 рази при зниженій до 70 °С температурі шару під час ІЧ-обробки. В сушених черешнях основна частка вологи припадала на вільну, яка становила 72 %, із якої фізико-механічна волога складала 52 %. Адсорбційна волога полі- і мономолекулярних шарів складала 15 і 13 % всієї видаленої під час аналізу кількості води. Встановлено, що внаслідок інфрачервоної обробки відбувається суттєве поліпшення мікробіологічного стану продукту: кількість мезофільно аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів знижується у 15 разів та відбувається повне знезараження черешень від плісневих грибів. Це свідчить про можливість тривалого зберігання продукту, тому інфрачервона обробка черешень здатна запобігати втратам цінної плодової сировини вздовж продовольчого ланцюга.

#### Список використаних джерел

1. In vitro bioavailability of phenolic compounds from five cultivars of frozen sweet cherries (*Prunus avium* L.) / M. Fazzari, L. Fukumoto, G.



Mazza [et al.]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008. Vol. 56 (10). P. 3561–3568. DOI: 10.1021 / jf073506a.

2. Tarhan S., Ergunes G, Taser O.F. Selection of chemical and thermal pretreatment combination to reduce the dehydration time of sour cherry (*Prunus cerasus* L.). *Journal of Food Process Engineering*. 2006. Vol. 29. P. 651–663. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2006.00088.x>.

3. Dark sweet cherry phenolics as dietary chemopreventive/therapeutic compounds for aggressive breast cancer cell growth with no toxicity to normal breast cells (FS13-03-19) / Marjorie A. et al. *Current Developments in Nutrition*. 2019. Vol. 3. Iss. Sup. 1. P. 408. DOI: 10.1093/cdn/nzz030.FS13-03-19.

4. Cyclooxygenase inhibitory and antioxidant cyanidin glycosides in cherries and berries / N.P. Seeram, R.A. Momin, M.G. Nair, L.D. Bourquin. *Phytomedicine*. 2001. Vol. 8 (5). P. 362–369. DOI: 10.1078 / 0944-7113-00053.

5. Fruit quality and bioactive compounds relevant to human health of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Italy / G. Ballistreri, A. Continella, A. Gentile [et al.]. *Food Chemistry*. 2013. Vol. 140 (4). P. 630–638. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.024.

6. Free and glycosidically bound aroma compounds in cherry (*Prunus avium* L.) / Y.Q. Wen, F. He, B.Q. Zhu [et al.]. *Food Chemistry*. 2014. Vol. 152. P. 29–36. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.11.092.

7. Nutrients, bioactive compounds and bioactivity: the health benefits of sweet cherries (*Prunus avium* L.) / Gonçalves A. C. et al. *Current Nutrition & Food Science*. 2019. Vol. 15. № 3. P. 208–227. DOI: 10.2174/1573401313666170925154707.

8. Боряк Л.А., Михайлик Т.Н., Петрова Ж.А. Особенности сушки кератиносодержащего сырья. Конф. «Современные энергосберегающие тепловые технологии». Москва, 2002. 130-133 с.

9. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. Москва: Пищевая промышленность, 1973. 528 с.

10. Киптелая Л.В., Загорулько А.Н. ИК-сушка плодоягодного сырья. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. №3. С. 80–86.

11. Doymaz I. Infrared drying of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) slices. *Journal of Food Science and Technology*. 2012. Vol. 49. № 6. P. 760–766. DOI: 10.1007/s13197-010-0217-8.

12. Drying characteristics of agricultural products under different drying methods: a review / Lee S. H. et al. *Journal of Biosystems Engineering*. 2016. Vol. 41. № 4. P. 389–395. DOI: 10.5307/JBE.2016.41.4.389.

13. Drying and quality characteristics of fresh and sugar-infused blueberries dried with infrared radiation heating / Shi J. et al. *LWT-Food*



Science and Technology. 2008. Vol. 41. № 10. P. 1962–1972. DOI: 10.1016/j.lwt.2008.01.003.

14. Effects of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic / Baysal T. et al. European Food Research and Technology. 2003. Vol. 218. № 1. P. 68–73. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0791-3>.

15. Oancea S., Draghici O., Ketney O. Changes in total anthocyanin content and antioxidant activity in sweet cherries during frozen storage, and air-oven and infrared drying. Fruits. 2016. Vol. 71. № 5. P. 281–288. DOI: 10.1051/fruits/2016025.

16. Doymaz I, Ismail O. Drying characteristics of sweet cherry. Food and Bioproducts Processing. 2011. Vol. 89 № 1. P. 31–38. DOI: 10.1016/j.fbp.2010.03.006.

17. Pirone B.N, De Michelis A., Salvatori D.M. Pretreatments Effect in Drying Behaviour and Colour of Mature and Immature Napolitana Sweet Cherries. Food Bioprocess Technology. 2014. № 7. P. 1640–1655. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1238-x>.

18. Миколенко С., Куянов Ю., Баранік П. Вплив інфрачервоного сушіння на якість свіжої і замороженої черешні. Технічні науки та технології. 2019. №3 (17). С. 258–266. DOI: 10.25140/2411-5363-2019-3(17)-258-266.

19. Василюшина О. В. Особливості кристалоутворення під час заморожування плодів вишні. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. ХДУХТ. 2013. Вип.1 (17), ч. 2. С. 191–196.

20. Sweet cherry: Composition, postharvest preservation, processing and trends for its future use / Chockchaisawasdee S. et al. Trends in food science & technology. 2016. Vol. 55. P. 72–83. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.07.002.

21. Romano G. S., Cittadini E. D. Sweet cherry quality in the horticultural production chain. Stewart Postharvest Review. 2006. Vol. 6. № 2. P. 1–8. DOI: 10.2212/spr.2006.6.2.

Стаття надійшла 22.04.2021 р.

**S. Mykolenko, P. Baranik**  
**Dnipro State Agrarian and Economy University**

## **TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SUBSTINATION OF INFRARED DRYING OF SWEET CHERRIES**

### *Summary*

Sweet cherries are perishable raw materials that lose their consumer qualities due to freezing. Infrared treatment of the pre-frozen cherries allows to get a dried product that can be used as a snack product as well as an ingredient for granola or breadmaking. When drying cherries in a stationary mode by infrared radiation at a product layer temperature



of 70–80 °C, the maximum rate of moisture removal was observed during the first two hours of the heating, and the moisture content decreases from 92 to 27 % after 2–3 hours of drying. Dried sweet cherries were characterized by a low value of active acidity at the level of 3.38–3.41, and the density of cherries and their shrinkage significantly depended on the final moisture content of the product, and accordingly, on the temperature of the cherry layer during the infrared treatment. Drying of the sweet cherries in a stationary mode at a layer temperature of 80 °C negatively affected the appearance, color, aroma, taste and chewiness of the product. The maximum values of the water absorption capacity were reached after 180 minutes of the hydration of the dried fruits and was 1.2 times higher at reduced to 70 °C layer temperature during the infrared treatment. In the dried cherries, the main share of moisture was free, which took 72 %, of which physical and mechanical moisture was 52 %. The adsorption moisture of the poly- and monomolecular layers was 15 and 13 % of the total amount of water removed during the analysis respectively. It was found that as a result of the infrared treatment there was a significant improvement in the microbiological stability of the product: the number of mesophilic aerobic and optional anaerobic microorganisms was reduced by 15 times when molds were eliminated totally. This sustains a long-term storage of the product, so the infrared treatment of cherries at the presented mode can prevent food loss along the food chain.

**Key words:** sweet cherries, infrared treatment, physicochemical characteristics, microbiological stability

**С.Ю. Мыколенко, П.В. Бараник**

**Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет**

## **ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ ОБРАБОТКИ ЧЕРЕШЕН**

### *Аннотация*

Статья посвящена особенностям технико-технологического обеспечения процесса получения сушеных черешен высокого качества и микробиологической устойчивости. Плотность и усадка сушеных черешен зависели от конечной влажности продукта и, соответственно, от температуры слоя продукта во время обработки. Сушка черешен в стационарном режиме при температуре слоя 80 °C отрицательно повлияла на внешний вид, цвет, аромат, вкус и разжовываемость продукта. Максимальные значения водопоглатительной способности были достигнуты в течение 180 минут гидратации сушеных плодов и были в 1,2 раза выше пониженной до 70 °C температуры слоя при сушке. Установлено значительное улучшение микробиологической стабильности продукта и полное уничтожение плесневых грибов после инфракрасной обработки замороженной черешни, что будет способствовать снижению потерь сырья в продовольственной цепи.

**Ключевые слова:** черешни, инфракрасная обработка, физико-химические характеристики, микробиологическая стабильность.





УДК 665.11:665.7.038.2

Л. В. Фіалковська, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-4353-0963

*Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ**e-mail: larisa\_fialkova@ukr.net*

## ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ ОЛІЙНОЖИРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

**Анотація.** На різних стадіях вилучення олії з олійних культур та її подальшої рафінації утворюються вторинні матеріальні ресурси, при переробці яких можуть бути отримані продукти, які мають товарну і споживчу цінність.

У статті наведені шляхи використання відходів олійножирового виробництва. Запропоновано використання відпрацьованих відбільних глин для виробництва керамзитового гравію. Заміна дефіцитних і дороговартісних нафтопродуктів, які використовують в теперішній час при виготовленні керамзитового гравію, на відпрацьовані відбільні глини, дозволить розширити сировинну базу органічних добавок.

Запропоновано використання відпрацьованих відбільних глин для виробництва миючої пасти. Інгредієнти на основі натуральних матеріалів допомагають очистити шкіру глибоко в порах. Паста ретельно виводить зі шкіри стійкі домішки: олії, жиру, мастильних матеріалів, смоли, сажі, графіту тощо.

**Ключові слова:** олія, шрот, переробка, паста, гравій, технологія, відбілювання, відбільні глини, рафінація, відходи.

**Постановка проблеми.** Комплексне використання відходів олійножирової промисловості на всіх стадіях продовольчого ланцюгу є прогресивним напрямом забезпечення ресурсозбереження в національній економіці. Ринкові трансформації, які відбулися в аграрному секторі України, сприяли впровадженню у виробництво найважливіших досягнень науково-технічного прогресу та світового досвіду з вторинного використання відходів. Сучасні інноваційні розробки сприяють лише частковому розв'язанню суперечностей між зростаючими потребами населення у високоякісних продуктах харчування і обмеженими обсягами виробництва сільськогосподарської сировини. Науково-практичні результати досліджень щодо комплексного використання відходів харчової промисловості дозволяють отримувати суттєву економію матеріальних та енергетичних ресурсів, забезпечують підвищення рівня замкненості виробничо-ресурсних циклів у галузі, що сприяє зростанню





економічної ефективності виробництва продукції, збільшенню її обсягів та асортименту [1-8].

Водночас зводиться до мінімуму процес забруднення навколишнього середовища виробничими відходами.

При розгляді комплексного використання відходів олійножирової промисловості виникає ідея впровадження у виробництво не лише мало- та безвідходних технологій. Використання відходів у виробничих процесах агропромислових підприємств в якості вторинної сировини дозволяє перетворювати їх у цінний продукт з наступним широким використанням його як у вигляді кормів для галузі тваринництва, органічних добрив для галузі рослинництва, у фармацевтичній та косметичній промисловості [9-12].

*Аналіз останніх досліджень.* Вторинними матеріальними ресурсами називають відходи виробництва, які на теперішньому етапі розвитку науки і техніки можуть бути використані в народному господарстві в якості потенційної сировини чи додаткової продукції.

До них в першу чергу відносяться відходи виробництва, які залишаються після використання сировини і допоміжних матеріалів для отримання основної сировини даного виробництва, а також супутня продукція, яка отримується в процесі виробництва паралельно з основною продукцією чи в результаті додаткової промислової переробки відходів.

Відходи переробки насіння олійних культур та їх використання.

Відходами виробництва олії з насіння олійних культур є макуха та шрот. Це високобілковий концентрований корм для всіх видів сільськогосподарських тварин, який входить переважно до складу комбікормів. Загальна поживність макухи і шроту прирівнюється до поживності зернових культур, проте у них значно вищий вміст протеїну [12 -16].

Вуглеводи макухи і шроту складаються переважно з клітковини, геміцелюлози, невеликої кількості цукрів і пектинових речовин, олії (до складу олії входять переважно ненасичені жирні кислоти). Вміст вітамінів та інших біологічно-активних речовин залежить як від якості сировини, так і від правильності ведення технологічного процесу.

Зберігання макухи та шроту має свої особливості. Після виготовлення на виробництві вони мають дуже низьку вологість і високу температуру (шрот – 100-105 °С). Крім того, шрот може містити деяку кількість розчинника. В такому вигляді макуха і шрот непридатні для тривалого зберігання, тому що олія швидко окислюється киснем повітря, гіркне і її кормові якості різко знижуються. До того ж при розщепленні жиру виділяється теплота, що може призвести до самозігрівання і навіть до самозаймання продукту.



Для підвищення стійкості макухи і шроту під час зберігання їх висушують та охолоджують, проводять відгонку розчинника. Вологість макухи і шроту відповідно до стандарту становить 6 - 10 %. Температура – не вище 35 °С, а влітку вона не повинна перевищувати температури повітря більш як на 5 °С. Вміст розчинника у шроті при його відвантаженні – не більше 0,1 %. Макуху і шрот зберігають насипом або в мішках у сухому темному та охолодженому приміщенні.

Відходами рафінації рослинних олій є:

- гідратаційний осад;
- соапсток;
- відпрацьовані відбільні глини;
- відпрацьовані порошки фільтрувальні жирні;
- погони дезодорації;
- промивні води (у випадку застосування промивання олії).

Переробка відходів рафінації та перетворення їх в продукти, які придатні для подальшого використання, є важливим завданням олійно-жирової промисловості [10 -11].

На різних стадіях рафінації (гідратація, нейтралізація, адсорбційна обробка (відбілювання), виморожування, дезодорація) утворюються вторинні матеріальні ресурси, в процесі переробки яких можуть бути отримані продукти, які мають товарну і споживчу цінність.

При розгляді питання про застосування тієї чи іншої технології утилізації побічних продуктів необхідно провести ретельний аналіз з точки зору попередніх капіталовкладень, якості отриманих продуктів, ефективного використання енергоресурсів і екологічної безпеки [17-23].

Переробка відходів гідратації олії.

Гідратаційний осад, який утворюється в результаті водної гідратації, є цінним харчовим продуктом. Після висушування осаду отримується цінний харчовий продукт – фосфатидний концентрат .

Фосфатидний концентрат є натуральним продуктом, який може бути використаний у харчовій промисловості:

– при приготуванні шоколаду невелика кількість фосфоліпідів (0,4 %) викликає помітну пом'ягшуючу дію на складові частини в розтопленому шоколаді і знижує його в'язкість. Витрати масла-какао як розріджувача знижується (40 – 45 кг масла-какао на 1 тонну шоколадної маси);

– при виготовленні цукерок додавання 1% фосфатидів до жиру покращує емульгування жиру і сиропу, сприяє отриманню пластичного глянцевого продукту;

– при виготовленні маргаринів додавання фосфатидів сприяє емульгуванню емульсії і забезпечує однорідну консистенцію маргарину;



– при виготовленні хлібобулочних виробів для покращення смаку і уповільнення черствіння.

Кондитерська промисловість використовує такі властивості лецитина, як емульгуючу здатність, в'язкість, подовження терміну зберігання виробів, удосконалення текстури і зменшення витрат виробництва [1].

У тваринництві – збагачення основного раціону фосфатидними концентратами при вирощуванні молодняка і курчат прискорює їх ріст і збільшує щомісячний приріст, підвищує несучість курей;

У фармацевтичній промисловості – для приготування лікувальних препаратів у вигляді різноманітних емульсій і т.д.

Для технічних цілей – у виробництві натуральних і синтетичних каучуків; для виготовлення виробів зі шкіри – надає шкірі еластичність і м'якість.

Переробка відходів нейтралізації олії.

В результаті проведення процесу утворюється соапсток. Частиною соапстоків, що утилізуються, є солі жирних кислот, нейтральний жир і луг, низька концентрація яких (в сумі 8 – 30%) є причиною тому, що вони безпосередньо не знаходять широкого застосування в промисловості. Соапстоки в залежності від їх подальшого застосування підлягають різноманітній технологічній переробці: доомиленню нейтрального жиру соапстоку, сірчаноокислому розкладанню, висолюванню, висушуванню, випарюванню [2-7].

Отримані жирні кислоти після сірчаноокислового розщеплення застосовуються в миловарній промисловості. Крім того жирні кислоти використовуються у хімічній промисловості.

Після концентрації соапстоку методом випарювання отримується мило рідке господарче, яке використовується в побутових і технічних цілях. Воно є складовою частиною спеціальних і синтетичних миючих засобів. Існує позитивний ефект використання мила рідкого господарчого для прання сильнозабруднених тканин із бавовняних і льняних тканин, синтетичних і змішаних волокон.

Переробка відходів адсорбційного очищення (відбілювання) олії.

Відпрацьовані відбільні глини (фільтрувальний осад), які містять від 12 до 40% олії.

Особливою проблемою є висока здатність олієвмісних залишків до окислення. Крім того, відпрацьовані відбільні глини утворюють пірофорні залишки, які здатні до самозаймання.

Відповідно, викидати відпрацьовані відбільні глини не дозволяється.

Відпрацьовані відбільні глини після обезжирювання можуть бути використані для приготування мильної пасти. Мильна паста



застосовується на підприємствах металообробки і в інших галузях, де необхідні хороші миючі засоби для рук і забруднених поверхонь.

Переробка відходів виморожування олії.

Після проведення процесу утворюється відпрацьований жирний перліт (масова частка жиру – 50-70%; масова частка воску – 6-8%).

Відпрацьований жирний перліт використовується у якості добавок в раціон годівлі тварин.

Окрім того, після обезжирювання відпрацьованого жирного перліту отримується олія, збагачена воскоподібними речовинами, і після дезодорації може бути використана як самостійний продукт. Головним споживачем восків є парфюмерна промисловість. Воски входять до складу різних поліруючих паст, застосовуються для виробництва грифелів для олівців і ін.

Переробка відходів дезодорації олії.

Відходами при дезодорації є погони дезодорації. Вихід погонів дезодорації складає 0,2% до маси дезодорованої олії.

Є багатолітній досвід використання погонів дезодорації у якості кормової добавки до раціону харчування пушних тварин з урахуванням високого вмісту в них біологічно-активних речовин, таких як токофероли і стероли.

*Формулювання мети статті.* Вивчення процесу відбілювання соняшникової олії і властивостей відбільних глин дозволили намітити деякі напрями у переробці і використанні відпрацьованих відбільних глин.

Для виробництва керамзитового гравію застосовуються жировмісні органічні речовини.

Заміна дефіцитних і дороговартісних нафтопродуктів, які використовують в теперішній час при виготовленні керамзитового гравію, на відпрацьовані відбільні глини дозволить розширити сировинну базу органічних добавок.

Крім того, відпрацьовані відбільні глини можливо використовувати при виробництві миючих паст.

*Основна частина.* Вивчення процесу відбілювання соняшникової олії і властивостей відбільних глин дозволили намітити деякі напрямки в переробці і використанні відпрацьованих відбільних глин.

Розроблені способи утилізації відпрацьованих відбільних глин (керамзитового гравію, будівельного вапна, пастоподібного миючого засобу) [10].

З метою отримання безвідходного технологічного процесу очищення олій проведено лабораторну перевірку можливості використання відпрацьованого монтмориллоніта в вигляді органічної добавки для отримання керамзитового гравію. Отримання пористої



структури керамзиту досягається за рахунок спучення при термічній обробці глинистої сировини газами, що утворюються.

Загальне і кінцеве газовідділення і спучення підвищується при внесенні в глинисті породи органічних добавок, в якості яких можуть бути використані відпрацьовані адсорбенти.

Досліджено на спучення три різновиди глинистої сировини, які використовуються на діючих заводах, а також нові види сировини (Сумська глина і глина Шемилівського і Шебелінського родовищ). Як органічна добавка використовувалась крихта і гранула палигорскіта та активованого монтмориллоніта після очищення олії (масова частка жиру – 45%). Проведені експерименти, які дозволяють оцінити вплив на якість керамзитового гравію внесених до складу суміші відпрацьованих олієвмісних адсорбентів. Встановлені технологічні параметри отримання керамзитового гравію з використанням для покращення спучення глин добавок відпрацьованих адсорбентів (на основі палигорскіта і монтмориллоніта).

В результаті проведених досліджень встановлені:

- оптимальна кількість добавок складає, %:

- а) для Шебелінської глини – 2-3;
- б) для Шемилівської глини – 3-4;
- в) для Сумської глини – 2-3.

- оптимальний час спучення, хв.:

- а) для Шебелінської глини – 5;
- б) для Шемилівської глини – 6;
- в) для Сумської глини – 4-5.

- оптимальна температура спучення, °С:

- а) для Шебелінської глини – 1110-1120;
- б) для Шемилівської глини – 1150-1160;
- в) для Сумської глини – 1130-1140.

- інтервал спучення, °С:

- а) для Шебелінської глини – 100-110;
- б) для Шемилівської глини – 50-60;
- в) для Сумської глини – 100.

В результаті проведених лабораторних досліджень шести різновидів глин для отримання керамзитового гравію можна дати позитивну оцінку придатності відпрацьованих олієвмісних адсорбентів для виробництва пористих наповнювачів.

Також була розроблена технологія, при якій відпрацьована відбільна глина (масова частка жиру – 23,5%) використовувалась у якості добавки при виробництві будівельного вапна. До вапняку додавалась відпрацьована відбільна глина в кількості 10 % від маси, суміш випалювалася в печі при температурі 1200 °С. Час випалювання



складав 40 хв. В результаті випалювання отримане вапно, яке відповідає вимогам нормативної документації.

Окрім того розроблений спосіб утилізації відпрацьованих відбільних глин з метою виробництва пастоподібного миючого засобу.

Найбільш простий спосіб використання відпрацьованих відбільних глин виробництво пастоподібного миючого засобу [8]. Технологія виробництва пасти полягає в омиленні жиру, що міститься в відпрацьованій відбільній глині. У табл. 1 наведені фізико-хімічні показники отриманої миючої пасти.

Таблиця 1

## Фізико-хімічні показники миючої пасти

Назва показників	Характеристика
Консистенція	Пастоподібна
Колір	Від сіро-жовтого до сірого
Вміст жирних кислот, %, не менше	12,0
Вміст вільного луку, %, не більше	3,0
Вміст суми неомилених органічних речовин і неомиленого жиру, у % до маси жирних кислот, не більше	3,0
Нерозчинний у воді осад, %, не більше	40,0

Інгредієнти на основі натуральних матеріалів допомагають очистити шкіру глибоко в порах. Паста містить гліцерин, який позитивно впливає на шкіру, роблячи її м'якою та свіжою.

Абразивна паста для миття сильно забруднених рук - необхідний засіб для всіх промислових та сільськогосподарських робіт. Паста ретельно виводить зі шкіри стійкі домішки: олії, жиру, мастильних матеріалів, смоли, сажі, графіту тощо.

Інгредієнти на основі натуральних матеріалів допоможуть очистити шкіру глибоко в порах. Збалансована суміш абразивів покращує миючу здатність та ефективність. Паста містить речовини, які позитивно впливають на шкіру, роблячи її м'якою та свіжою. Підходить для постійного використання та не містить силіконів та розчинників.

*Висновки.*

1. Відпрацьовані олієвмісні адсорбенти є ефективними добавками при отриманні керамзитового гравію.

2. Розроблена технологія виробництва керамзитового гравію з застосуванням в якості збагачувача відпрацьованих відбільних глин.





3. Заміна дефіцитних і дорогих товарних нафтопродуктів, які використовуються в теперішній час, на вищевказані добавки дозволить розширити сировинну базу органічних добавок.

4. Запропоновані способи утилізації відпрацьованих адсорбентів для виробництва керамзитового гравію і будівельного вапна. Це дає можливість вважати технологію очищення соняшникової олії природними дисперсними матеріалами екологічно чистою і безвідходною.

5. Запропоновано використання відпрацьованих відбільних глин для виробництва пастоподібного миючого засобу.

#### Список використаних джерел

1. Калошин Ю. А. Технология и оборудование масложировых предприятий. Москва: Академия, 2002. С. 363.

2. Тютюнников Б. Н., Демидов И. Н. Химия жиров. Москва: Колос, 1992. С. 345.

3. Буйвол С. М., Светлічний П. І., Саламаха В. І., Бандура В. М. Інтенсифікація екстрагування олії із шроту ріпаку. *Збірник наукових праць ОНАХТ*. 2010. Вип. 37. С. 193-196.

4. Арутюнян Н. С. Технология переработки жиров. Москва: Пищепромиздат, 1999. С. 452.

5. Андреева Н. Н. Экологические инновации и инвестиции: сущность, системология, специфика взаимодействия и управления. *Вісник Хмельницького нац. ун-ту. Сер. Економічні науки*. 2011. № 2, т. 2. С. 205-209.

6. Краснопольский Б. Х. Американский опыт стратегических инноваций в экологическом управлении: региональный аспект. *Пространственная экономика*. 2006. № 3. С. 178-182.

7. Крисанов Д. Ф. Харчова промисловість України в контексті розвитку національної інноваційної системи. *Вісник Хмельницького нац. ун-ту*. 2009. Т. 1, № 5. С. 12-19.

8. Кужель О. Економічні засади державної регуляторної політики у сфері господарювання: світовий досвід та вітчизняна практика. *Економіст*. 2005. № 7. С. 50–57.

9. Фіалковська Л. В. Використання гліцерину в якості корму для тварин. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2017. № 3 (97). С. 95-99.

10. Фіалковська Л. В. Адсорбційне очищення соняшникової олії природними дисперсними мінералами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.06. Харків, 1997. 19 с.

11. Безденежных Л. А. Технология очистки подсолнечного масла с использованием модифицированного адсорбента на основе подсолнечной лузги: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.06. Кременчуг, 2005. 146 с.



12. Тимчак В. С. Ефективність інновацій комплексного використання відходів харчової промисловості: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.03. Житомир, 2016. 201 с.
13. Ростовський В. С., Олейник Р. В. Прогресивні ресурсозберігаючі технології в харчовій промисловості: навчальний посібник. Київ: Кондор, 2008. 136 с.
14. Чумак О. П. Науково-практичні основи технології жирів та жирозамінників: навчальний посібник. Харків: Курсор, 2015. 185 с.
15. Бурдо О. Г., Бандура В. М., Ружицька Н. В., Макієвська Т. Л. Енергетичні аспекти харчових нанотехнологій. *Наукові праці ОНАХТ*. 2012. Вип. 42 (2), т. 2. С. 462-467.
16. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry / E. B. Aliev et al. *INMATEH–Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 54, № 1. P. 95-104.
17. Development of wave technologies to intensify heat and mass transfer processes / O. Burdo et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 4, № 11 (88). P. 34-42. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.108843.
18. Bandura V., Mazur V., Yaroshenko L., Rubanenko O. Research on sunflower seeds drying process in a monolayer tray vibration dryer based on infrared radiation. *INMATEH–Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 57, № 1. P. 233-242.
19. Bandura V., Bulgakov V., Adamchuk V., Ivanovs S. Investigation of oil extraction from the canola and soybean seeds, using a microwave intensifier. *INMATEH–Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 55, № 2. P. 45-52.
20. Pimentel D., Patzek T. W. Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. *Natural Resources Research*. 2005. Vol. 14, № 1. P. 65-76.
21. Patzek T. W. A statistical analysis of the theoretical yield of ethanol from corn starch. *Natural Resources Research*. 2006. Vol. 15, № 3. P. 205-212.
22. United States Patent Application Publication US 2007/0141216 A1 Processed wheat product containing functional components in elevated amounts and processing method therefore / Makoto Kihara, Yoshihiro Okada, Osamu Ishikawa, Kazutoshi Ito, Pub. Date: Jun. 21, 2007.
23. United States Patent Application Publication US 2009/0098271 A1 Method of processed barley product / Norihiko Kageyama, Shingo Kawasaki, Seisuke Takaoka, Koichi Nakahara, Pub. Date: Apr. 16, 2009.

Стаття надійшла до редакції 29.03.2021р.



**L. Fialkovska**  
**Vinnitsa Trade and Economic Institute KSTEU**

## **RECYCLING OF WASTE OIL PRODUCTION**

### *Summary*

At different stages of oil extraction from oilseeds and its further refining, secondary material resources are formed, when processing which products that have product and consumer value can be obtained.

When considering the application of this or that technology of utilization of by-products It is necessary to conduct a thorough analysis from the point of view of previous investments, the quality of the products obtained, the efficient use of energy and environmental safety.

The waste of oil from oilseeds of oilseeds is a meal and shrot. This is a high-protein concentrated feed for all types of farm animals, which includes mainly part of the feed. The general nutrition of meal and meal equates to the nutrition of grain crops, but they have much higher protein content.

The article shows the ways of using waste oil production. Listed waste obtained as a result of oil purification from accompanying impurities, their processing and application in the national economy.

It has been proposed to use spent bleaching clay for the production of clay gravel. The replacement of deficient and expensive petroleum products used at present in the manufacture of clay gravel, on spent bleach clay, will allow expanding the raw material base of organic additives.

The technology was developed in which the exhaust clay (mass fraction of fat - 23.5%) was used as an additive in the production of building lime. The limestone was added exhausted by a mild clay in an amount of 10% by weight, the mixture was burned in an oven at a temperature of 1200 °C. The burning time was 40 minutes. As a result of burning, the resulting lime, which meets the requirements of normative documentation.

The use of spent bleached clays for the production of detergent paste is proposed. Ingredients based on natural materials help clean the skin deep in the pores. The paste contains glycerin, which positively affects the skin, making it soft and fresh. Abrasive paste for washing strongly contaminated hands is a necessary tool for all industrial and agricultural work, workshops, warehouses, households and gardeners. Pasta carefully removes stable oil impurities, fat, lubricants, resins, soot, graphite, etc.

**Key words:** oil, meal, processing, paste, gravel, technology, whitening, bleach clay, refining, waste.

**Л.В. Фиалковская**  
**Винницкий торгово-экономический институт КНТЭУ**

## **ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ МАСЛОЖИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### *Аннотация*

На разных стадиях извлечения масла из масличных культур и его дальнейшей рафинации образуются вторичные материальные ресурсы, при переработке которых могут быть получены продукты, которые имеют товарную и потребительскую ценность.

В статье показаны пути использования отходов масложирового производства. Предложено использование отработанных отбельных глин для производства



керамзитового гравия. Замена дефицитных и дорогостоящих нефтепродуктов, используемых в настоящее время при изготовлении керамзитового гравия, на отработанные отбельные глины, позволит расширить сырьевую базу органических добавок.

Предложено использование отработанных отбельных глин для производства моющей пасты. Ингредиенты на основе натуральных материалов помогают очистить кожу глубоко в порах. Паста тщательно выводит из кожи устойчивые примеси масла, жира, смазочных материалов, смолы, сажи, графита и др.

**Ключевые слова:** масло, шрот, переработка, паста, гравий, технология, отбеливание, отбельные глины, рафинирование, отходы.



DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-33

УДК 536.421:638.171

Nikolai Struchaiev, Ph.D. ORCID: 0000-0002-8891-4960  
Kirill Samoichuk, DScTech ORCID: 0000-0002-3423-3510  
Yulia Postol, Ph.D., ORCID: 0000-0002-0749-3771  
Vladimir Yalpachik, DScTech ORCID: 0000-0002-0349-2448  
*Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University*  
*Melitopol, Ukraine*  
E-mail: mykola.struchaiev@tsatu.edu.ua, тел: +38(098)-987-89-01

## INVESTIGATION OF THE MELTING OF CRUSHED BEESWAX

**Abstract.** The article is devoted to increasing the efficiency and stability of beeswax melting by determining the size of the pieces, which allows to reduce energy consumption. The calculation of the melting time of the beeswax depending on the radius of its pieces was carried out on the basis of the joint solution of the heat balance and heat transfer equation using the Fourier criterion. The minimum and maximum sizes of beeswax pieces have been determined: 6 - 12 cm. A 6 cm piece of wax melts for 25-30 minutes, and when melting pieces larger than 15 cm, the melting time is 1.5-2 hours. Periodic stirring speeds up the melting process by increasing the heat transfer coefficient from the liquid, already melted wax by 8 times. It was found that when crushing less than 3.5-4.0 cm and melting in the presence of water, which is provided by the technology, a water-wax emulsion is formed, from which it is very difficult to isolate dry wax. be used in the design and selection of equipment. Empirical dependences of the melting time on the size of the wax pieces have been obtained.

**Key words:** efficiency, energy saving, beeswax, grinding value, heat energy consumption, melting time, melting temperature.

**Formulation of the problem.** The use of beeswax is of great importance in everyday life, industry, agriculture. Namely: in food, medicine, cosmetics, electrical, other industries and is a valuable export commodity [1]. The phase transition process - beeswax melting - is an important component of saving energy resources in the process of cleaning beeswax raw materials and its improvement is a very urgent problem [2].

**Analysis of recent studies.** The beeswax raw material contains a large amount of contaminants: scrapings of frames, merv, bee bread, various organic compounds, and so on [3,4]. The usual way to purify beeswax is to melt it, followed by sedimentation in a molten state, crystallization and removal of the sediment in the form of a layer of impurities [5]. It is possible



to significantly reduce the consumption of thermal energy for melting by its preliminary grinding [6-8]. In this case, the operating conditions of the thermal installation impose special requirements. The search for ways to improve the process of melting beeswax, its energy efficiency [9-12] plays an important role, since it allows you to reduce the cost of heat energy.

*Formulation of the problem.* The aim of the study is to establish the possibility of increasing the efficiency and stability of melting beeswax, by determining the size of the pieces, allowing to reduce the melting time and energy consumption.

*Main part.* The creation of temperature regimes at which it is possible to melt the wax must take into account its basic physical, mechanical and thermophysical properties. The calculation of the melting time of the wax, depending on the radius of its pieces, is performed on the basis of the joint solution of the heat balance and heat transfer equation using the Fourier criterion [6]. Melting time depending on the radius of the wax pieces:

$$\tau_{wax} = \frac{R_{wax}^2}{a_{wax}} \cdot Fo, \tag{1}$$

where  $\tau_{wax}$  - beeswax melting time, s;  $R_{wax}$  - beeswax radius, m;  $a_{wax}$  - coefficient of thermal diffusivity of beeswax,  $m^2 / s$ ;  $Fo$  - Fourier criterion (dimensionless).

Let us find in turn the quantities included in formula (1).

Determine the coefficient of thermal diffusivity of beeswax:

$$a_{wax} = \frac{\lambda_{wax}}{c_{wax} \cdot \rho_{wax}}, \tag{2}$$

where  $a_{wax}$  - coefficient of thermal diffusivity of beeswax,  $m^2 / s$ ;  $\lambda_{wax}$  - coefficient of thermal conductivity of beeswax,  $W / (m \cdot K)$ ,  $c_{wax}$  - heat capacity of beeswax,  $J / (kg \cdot K)$ ,  $\rho_{wax}$  - beeswax density,  $kg / m^3$ .

We write the initial data for the calculation in table 1.

Table 1.

Data for calculating the coefficient of thermal diffusivity of beeswax

№	Quantity, designation, units of measurement	Value
1	Thermal conductivity coefficient of wax, $\lambda_{wax}$ , $W / (m \cdot K)$	0,225
2	Heat capacity of beeswax, $c_{wax}$ , $J / (kg \cdot K)$	2930
3	Density of beeswax, $\rho_{wax}$ , $kg / m^3$	960

Substituting the data into the formula (2), we get:

$$a_{wax} = 0,225 / (2930 \cdot 960) = 7,99 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2 / \text{ s}.$$

Let us define the Fourier criterion by the formula [7]:





$$\begin{aligned}
 Fo = & \frac{q \cdot \rho_2 \cdot \omega}{c_1 \rho_1 (t_{melt} - t_s)} \left[ \frac{Z}{Bi} + Z^2 \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{Bi} \right) + \frac{1}{3} Z^3 \left( \frac{1}{Bi} - 1 \right) \right] + \\
 & + \frac{8c_2 \rho_2 (t_{cent} - t_{melt})}{15c_1 \rho_1 (t_{melt} - t_s)} \left[ \frac{Z}{Bi} + Z^2 \left( \frac{1}{2} - \frac{3}{2Bi} \right) + Z^3 \left( \frac{1}{Bi} - \frac{2}{3} \right) - \frac{1}{4} \left( \frac{1}{Bi} - 1 \right) Z^4 \right] + \quad (3) \\
 & + \frac{1}{3} \left( \frac{1}{Bi} + \frac{1}{2} \right) \ln \left( 1 + \frac{Bi \cdot Z}{1 - Z} \right) - \frac{1}{6 \left( \frac{1}{Bi} - 1 \right)^2} \ln [1 + Z(Bi - 1)] - \frac{2 - Bi}{6(1 - Bi)} Z + \frac{1}{6} Z^2
 \end{aligned}$$

where  $q$  - is the specific heat of melting of beeswax, J / kg;  $\rho_1, \rho_2$  - is the density of the previous melting and subsequent solid beeswax layer, kg / m<sup>3</sup>;  $\omega$  - humidity;  $c_1$  and  $c_2$  - specific heat of solid and molten beeswax layers, J / (kg • deg);  $Z$  - is the relative thickness of the melting layer;  $Bi$  - Bio criterion;  $t_{melt}$  - beeswax melting point, K;  $t_{cent}$  - temperature in the center of a piece of beeswax, K.

Bio criterion is determined by the formula:

$$Bi = \frac{\alpha \cdot R}{\lambda} \quad (4)$$

Bio's criterion is calculated by finding the coefficient of heat transfer from the external environment  $\alpha$ , since the coefficient of thermal conductivity of beeswax  $\lambda_{wax}$  is known to us, and we set the value of the radius  $R$ .

We determine the coefficient of heat transfer from the external environment  $\alpha$  from the criterion dependencies:

$$Nu = \alpha \cdot R / \lambda_{\infty}, \quad (5)$$

The Nusselt criterion  $Nu$  is determined by the Reynolds  $Re$  and Prandtl  $Pr$  criteria when crushing beeswax in the form of a sphere, in accordance with the Rantz-Marshall equation:

$$Nu = 2 + 0,6 \cdot Pr^{1/3} \cdot Re^{1/2} \quad (6)$$

Let's define the Reynolds criterion:

$$Re = u \cdot R / \nu_{\infty}, \quad (7)$$

where  $Re$  - Reynolds criterion (dimensionless),  $u$  - air velocity, m / s,  $R$  - beeswax piece radius, m,  $\nu$  - air kinematic viscosity coefficient, m<sup>2</sup> / s.

Let's define the Prandtl criterion:

$$Pr = c_{air} \rho_{air} / \lambda_{air}, \quad (8)$$

where  $Pr$  - Prandtl criterion (dimensionless),  $c_{air}$  - heat capacity of air, 1.01, J / (kg • K),  $\rho_{air}$  - air density at 80 °C, 1.00 kg / m<sup>3</sup>,  $\lambda_{air}$  - coefficient of thermal conductivity of air, 0.03 W / (m • K).

Substituting the values of these quantities into formulas (6), (7), (8), we obtain the Nusselt criterion  $Nu = 37.81$ , then the heat transfer coefficient



from the external environment  $\alpha$  from formula (5) will be:

$$\alpha = Nu \cdot \lambda / R = 37,81 \cdot 0,03 / 0,06 = 18,9 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Heat transfer coefficient of molten beeswax

$$\alpha_{wax} = Nu \cdot \lambda_{wax} / R = 37,81 \cdot 0,225 / 0,06 = 142 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

where  $\lambda_{wax}$  - the coefficient of thermal conductivity of beeswax, W / (m • K),

That is, when the wax melts, the heat transfer coefficient will increase by 8 times. The density of beeswax averages 960 kg / m<sup>3</sup> at 20 °C. As the temperature rises, the density of the wax decreases. The temperature coefficient of density at temperatures above the melting point of the beeswax varies from - 0.0007 to - 0.0008, for each degree of temperature.

The density of the wax at 84 °C will be:

$$\rho_{84} = \rho_{20} - \rho_{20} \cdot 0,00075 \cdot (84 - 20) = 960 - 960 \cdot 0,00075 \cdot (84 - 20) = 914 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

The specific heat capacity of beeswax in the temperature range from 17 °C to + 20 °C is equal to 2096 kJ / (kg \* K). The specific heat capacity of beeswax in the temperature range from 77 °C to 97 °C is 2309 kJ/(kg\* K).

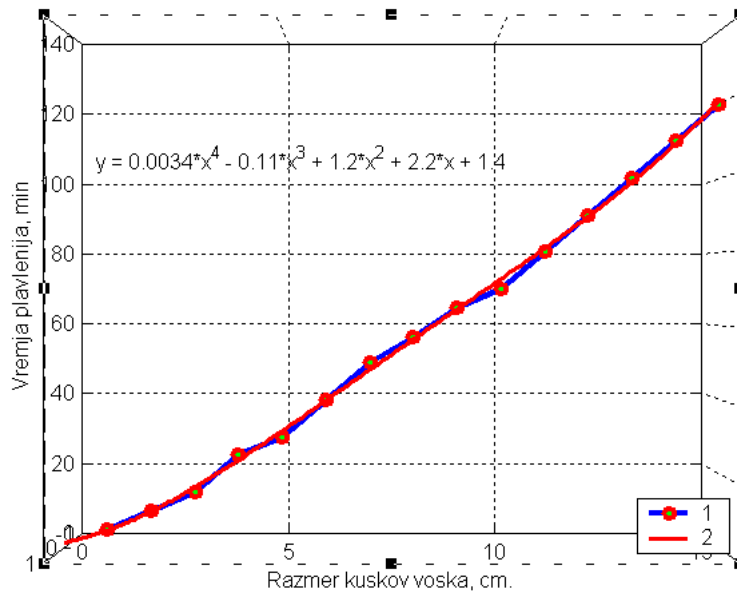
We write the initial data into table 2.

Table 2.

Data for calculating the melting time depending on the radius of the beeswax pieces

№	Quantity, designation, units of measurement	Value
1	Specific heat of fusion of beeswax, $q$ , kJ / kg	200
2	Density of the previous melting wax layer, $\rho_1$ , kg / m <sup>3</sup>	914
3	Density of the subsequent solid wax layer, $\rho_2$ , kg / m <sup>3</sup>	960
4	Beeswax moisture $W$ , %/100	0,1-2,5
5	Specific heat of the solid beeswax layer, $c_1$ , kJ / (kg * K)	2,026
6	Specific heat of molten beeswax, $c_2$ , kJ / (kg * K)	2,31
7	Relative thickness of the melting layer, $Z$ -	1/60
8	Melting point of beeswax, $t_{melt}$ , °C (K)	63 (336)
9	Temperature in the center of a piece of beeswax, $t_{cent}$ , °C (K)	50 (323)
10	Thermal conductivity coefficient of beeswax, $\lambda_{wax}$ , W / (m • K)	0,225
11	Prandtl criterion, $Pr$ , -	0,7
12	Reynolds criterion, $Re$ , -	600-1600
13	Air speed, $u$ , m / s	1,5
14	Kinematic viscosity coefficient of air, $\nu$ , m <sup>2</sup> / s	21*10 <sup>-6</sup>
15	Heat transfer coefficient to external environment $\alpha$ , W/ (m <sup>2</sup> •K)	5,73
19	Coefficient of thermal diffusivity of beeswax, $a_{wax}$ , m <sup>2</sup> / s	7,99*10 <sup>-8</sup>

The calculation results are presented in the form of a graph (Fig. 1).



1 - according to the results of the experiment, 2 - approximating curve  
Fig. 1. Dependence of melting time on the size of a piece of beeswax

The equation for the dependence of the melting time  $\tau$  on the size  $R$  of a piece of beeswax:

$$\tau = 0,0034 \cdot R^4 - 0,11 \cdot R^3 + 1,2 \cdot R^2 + 2,2 \cdot R + 1,4. \quad (9)$$

In the experiments, the possibility of maximum grinding of the beeswax was checked, since in this case the time and consumption of thermal energy for melting the beeswax would be minimal. However, it was found that when grinding to 3.5–4.0 cm and melting in the presence of water, which is provided by the technology, a water-wax emulsion is formed, from which it is very difficult to separate dry beeswax (Fig. 2).



Fig. 2. Appearance of pieces of beeswax, crushed to 1 ... 5 mm (a), water-wax emulsion (b)

The size of the pieces, according to the calculations carried out according to the method and confirmed by experiments, should be in the



range of 6 - 12 cm, since with larger pieces too much heat energy is spent and the melting time is significantly increased.

A piece of beeswax 6 cm in size melts for 25-30 minutes, and when melting pieces of 15 cm in size, the melting time is 1.5-2 hours. Periodic stirring speeds up the melting process by increasing the heat transfer coefficient  $\alpha_{wax}$  from the liquid, already melted beeswax ( $\alpha_{wax\ melt} = 142\text{ W} / (\text{m}^2 * \text{K})$  instead of  $18.9\text{ W} / (\text{m}^2 * \text{K})$ ).

Unmelted pieces have a slightly higher specific gravity than molten beeswax, so they sink in liquid beeswax.

#### *Conclusions.*

1. One of the ways to improve the efficiency and stability of beeswax melting is its crushing. It was determined that the size of the pieces should be in the range of 6 - 12 cm. This makes it possible to reduce the melting time and energy consumption, since with an increase in the size of the pieces, the melting time significantly increases.

2. A piece of beeswax 6 cm in size melts for 25-30 minutes, and when melting pieces of more than 15 cm in size, the melting time is 1.5-2 hours.

3. Periodic stirring accelerates the melting process by increasing the heat transfer coefficient from the liquid, already melted beeswax by 8 times.

4. When grinding to a piece size of less than 3.5-4.0 cm and melting in the presence of water, as provided by the technology, a water-wax emulsion is formed, from which it is very difficult to separate dry beeswax.

#### *References*

1. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. Pp. 478-480.

2. Serebryakova N. Use of threedimensional computer visualization in the study of nanostructures. Мінск: БГАТУ, 2020. С. 517-519.

3. Komar A. S. Fertilization of poultry manure by granulation. *Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production: Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference*. 2019. Pp. 18–20

4. Boltianska, N., Manita, I., Podashevskaya, H. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine, *Engineering of nature management*. 2020. 2(16), pp. 33-37.

5. Manita I., Podashevskaya H. Areas of application of nanotechnologies in animal husbandry. 2020. С. 357-361.

6. Sklar R. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Rome. 2021. Pp. 171-176.

7. Serebryakova N., Podashevskaya H., Manita I. Selection of optimal



modes of heat treatment of grain. 2020. С. 20-24.

8. Boltianska N.I., Boltianskyi O.V., Boltianskyi B.V. Reducing energy expenses in the production of pork. *WayScience*. 2021. P.1. С. 27-29.

9. Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Bilbao 2020. Pp. 431- 433.

10. Boltianska N. I., Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. №1(19). pp. 7 – 12.

11. Lebedev, V.I. (1999). Tehnologija poluchenija voska i pererabotki voskovogo syr`ja na pasekah. [Technology for producing wax and processing wax raw materials in apiaries] / Research Institute of Beekeeping (NIIP) Rybnoe, Ryazan region. Rybnoe: NIIP, 7.12.

12. Nekrashevich, V.F. Issledovanie teplofizicheskikh i reologicheskikh svojstv voskovogo syrja i voska. [Study of the thermophysical and rheological properties of wax raw materials and wax]. *Materials of the online conference*. P. 102-111.

13. GOST 21179-2000. Vosk pchelinnij. Tehnicheskie uslovija [GOST 21179-2000. Beeswax. Specifications]. (2011). Moskow. URL: <https://pdf.standartgost.ru/catalog/Data2/1/4294815/4294815050.pdf>.

14. Nekrashevich, V.F. (2014). Issledovanie protsessa vytopki voska. [Investigation of the process of wax waxing]. *Beekeeping*, 3, pp. 50–51.

15. Byshov, N.V. (2015). Issledovanie protsessa poluchenija voska iz voskovogo syr`ja razlichnogo kachestva. [Investigation of the process of obtaining wax from wax raw materials of various quality]. *Bulletin of the KrasSAU*, 9, pp. 145–149.

16. Didur, V.A., Struchaiev, M.I. (2008). Teplotekhnika, teplopostachannya i vykorysyannya teploty v sil`skomu gospodarstvi [Heat engineering, heat supply and heat using in agriculture.]. Kiev: Agrarna osvita.

17. Struchaiev, N., Postol, Yu., Stopin, Yu., Borokhov, I. (2019). Determination of the Duration of Spherical-Shaped Berries Freezing Under the Conditions Stationary Heat Flow. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-030-14918-5\_42.

18. Struchaiev, N.I. (2015). Opredelenie kolichestva teploty pri zamorazhyvanii i razmorazhyvanii [Determination of the amount of heat during freezing and defrosting]. *News of the Kharkiv National Technical University of Agriculture*, 2, pp. 130-131.

19. Yalpachik, V.F., Yalpachik, F.E., Struchayev, N.I. (2013). Teplofizicheskije raschjoty pri zamorazhyvanii i djefrostatsii plodoovoshchnoj produktsii [Thermophysical calculations during freezing and defrosting fruits and vegetables products]. *Proceedings of the Tavrian*





*State Agrotechnological University*, 13, 1, pp. 196-204.

20. Struchaiev, N.I., Postol, Yu.O. (2017). Analiz termodynamichnykh protsesiv u pototsi povitrya [Analysis of thermodynamic processes in airflow]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu sil's'koho hospodarstva im. P.Vasylenka*, 187, pp. 28-29.

21. Yalpachik, V.F., Struchaiev, M.I., Verholantseva, V.O. (2015). Planuvannya eksperymental'nyh doslidzhen` protsesu okholodzhennya zerna. [Planning of experimental researches of process of cooling of grain]. *Proceedings of the TDAU*, 15, 1, pp. 3-8.

Стаття надійшла до редакції 11.05.2021р.

**М.І. Стручаєв, К.О. Самойчук, Ю.О. Постол, В.Ф. Ялпачік**  
**Таврійський державний агротехнологічний університет**  
**імені Дмитра Моторного**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАВЛЕННЯ ДРОБЛЕНОГО ВОСКУ**

### *Анотація*

Стаття присвячена підвищенню ефективності і стабільності плавлення воску, шляхом визначення величини шматків, яка дозволяє знизити енерговитрати. Одним із шляхів підвищення ефективності і стабільності плавлення воску є його дроблення. Для забезпечення рівномірного плавлення і відповідного дозування витрати теплової енергії запропоновано теоретичне і експериментальне визначення впливу розмірів шматків воску на тривалість процесу плавлення. Розрахунок часу плавлення воску в залежності від радіуса його шматків виконувався на основі спільного рішення рівняння теплового балансу і теплопередачі з використанням критерію Фур'є. Для визначення коефіцієнта температуропровідності воску складена таблиця обліку його основних фізико-механічних і теплофізичних властивостей. Критерій Біо визначали шляхом знаходження коефіцієнта тепловіддачі від зовнішнього середовища, при цьому коефіцієнт теплопровідності воску нам відомий. Визначено мінімальні і максимальні розміри шматків воску. Визначено, що розмір шматків повинен бути в діапазоні 6 - 12 см. Це дозволяє знизити час плавлення і енерговитрати, так як при збільшенні розміру шматків значно збільшується час плавлення. Шматок воску розміром 6 см плавиться 25-30 хвилин, а при плавленні шматків розміром більше 15 см час плавлення становить 1,5-2 години. Визначено коефіцієнт тепловіддачі від воску в зовнішнє середовище дорівнює  $5,73 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , а коефіцієнт температуропровідності воску:  $7,99 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$ . Проводить періодичне перемішування прискорює процес плавлення за рахунок збільшення коефіцієнта тепловіддачі від рідкого, вже розплавився воску в 8 разів. В експериментах перевірялася можливість максимального подрібнення воску, так як при цьому час і витрати теплової енергії на плавлення воску будуть мінімальними. Однак було виявлено, що при подрібненні до 3,5-4,0 см і плавленні у присутності води, що передбачено технологією, утворюється водно-воскова емульсія, з якої дуже важко виділити сухий віск. Запропонована методика теплового розрахунку визначення часу плавлення воску і експериментальна установка можуть бути використані при проектуванні та підборі обладнання. Отримано емпіричні залежності часу плавлення від розмірів шматків воску.





**Ключові слова:** ефективність, енергозбереження, віск, величина подрібнення, витрати теплової енергії, час плавлення, температура плавлення.

**Н.И. Стручаев, К.О. Самойчук, Ю.А. Постол, В.Ф. Ялпачик**  
**Таврический государственный агротехнологический университет**  
**имени Дмитрия Моторного**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВЛЕНИЯ ДРОБЛЕННОГО ВОСКА**

### ***Аннотация***

Статья посвящена повышению эффективности и стабильности плавления воска, путем определения величины кусков, позволяющей снизить энергозатраты. Расчёт времени плавления воска в зависимости от радиуса его кусков выполнялся на основе совместного решения уравнения теплового баланса и теплопередачи с использованием критерия Фурье. Определены минимальные и максимальные размеры кусков воска: 6 – 12 см. Кусок воска размером 6 см плавится 25-30 минут, а при плавлении кусков размером более 15 см время плавления составляет 1,5-2 часа. Периодическое перемешивание ускоряет процесс плавления за счет увеличения коэффициента теплоотдачи от жидкого, уже расплавившегося воска в 8 раз. Было обнаружено, что при измельчении до 3,5-4,0 см и плавлении в присутствии воды, что предусмотрено технологией, образуется водно-восковая эмульсия, из которой очень трудно выделить сухой воск. Предложенная методика теплового расчета определения времени плавления воска и экспериментальная установка могут быть использованы при проектировании и подборе оборудования. Получены эмпирические зависимости времени плавления от размеров кусков воска.

**Ключевые слова:** эффективность, энергосбережение, воск, величина измельчения, затраты тепловой энергии, время плавления, температура плавления.



УДК 621.3:631.362.36

М.В. Постнікова, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-2025-6199

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: marina.postnikova@tsatu.edu.ua

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН ВТОРИННОГО ОЧИЩЕННЯ ПОСІВНОГО ЗЕРНА

**Анотація.** В якості типового представника машин вторинного очищення посівного зерна представлена машина СВУ-5А. В роботі були проаналізовані режими роботи електропривода робочої машини та технологічні вимоги до очищення посівного зерна. Вперше для визначення оптимальних умов очищення зерна був використаний багатофакторний математичний експеримент, що дозволило при невеликій кількості дослідів провести дослідження і дати рекомендації по удосконаленню робочої машини і керуванню технологічним процесом очищення зерна. Вперше в результаті обробки матриць плану було отримано рівняння регресії для розрахунку спожитої потужності робочої машини в залежності від режимних та конструктивних параметрів. Результати проведених досліджень дозволили розробити рекомендації щодо реалізації енергозберігаючих режимів роботи, що дозволить економити 8-10 % електроенергії.

**Ключові слова:** енергозбереження, раціональне використання електроенергії, економія електроенергії, багатофакторний експеримент, зерноочисний агрегат.

**Постановка проблеми.** За даними різних джерел [1] енергозатрати на післязбиральну обробку зерна складають 25-30 % від загальних на його виробництво. Енергоресурсозбереження є однією з важливих задач в теперішній час [2].

Для вирішення питання енергозбереження Jiang Sheng-Long, Zhang Long [3] рекомендує застосовувати енергетично орієнтоване планування оптимізації технологічного процесу очищення посівного зерна з ефективною багатоцільовою оптимізацією. Для цього, як вважає А. Abdel-Hadi [4] для мінімізації енергоспоживання необхідно мати максимум інформації про енергоємність технологічного процесу очищення посівного зерна.

**Аналіз останніх досліджень.** Характер взаємозв'язку між енергетичними характеристиками технологічного обладнання



зернопунктів в раніше проведених дослідженнях не розглядався взагалі або носив другорядний характер, внаслідок чого характер взаємозв'язку між енергетичними характеристиками зернопунктів залишався мало вивченим.

Важливою умовою надійної і економічної роботи зернопункту є відповідність електроприводів характеристикам робочих машин. У зв'язку із цим виникла необхідність проведення досліджень по визначенню раціональних параметрів електроприводів, вибору електродвигунів відповідної потужності.

Існуюча невідповідність технологій і машин для післязбиральної обробки зерна сучасним вимогам ґрунтується на високому рівні капіталовкладень, обумовленому значними розрахунками матеріаломісткості і енергоємності, великим об'ємом будівельно-монтажних робіт при недостатній ефективності процесів обробки. Низька якість обробки, в свою чергу, визначається суттєвими втратами зерна у відходи та його травмування при багаторазовому (4-7) транспортуванні до різних робочих органів багатомашинних агрегатів і комплексів. При цьому кількість травмованого зерна доходить до 18-48 %, що приводить до псування зерна при тимчасовому або тривалому зберіганні [5].

Підвищення якості насіннєвого матеріалу і відповідно врожайності зернових культур шляхом машинної доробки зерна досягається такими операціями [5, 6]: видалення щуплого, подрібненого зерна та дрібного насіння засмічувачів; сортування за розмірами; сортування за комплексом фізико-механічних властивостей. При розробці нової техніки доцільно орієнтуватися на створення машин багаторазового використання для реалізації поетапної технології [6].

Щоб досягти чистоти посівного зерна, яку вимагає ДСТУ [7] А. Н. Головнов [8] пояснює, як правильно вибрати зерночисну машину вторинного очищення зерна, а Г. В. Чуйко, В. Д. Олейников [9] – як підвищити її технічний рівень. Очищення зерна, як правило, виконується різними машинами. При цьому кількість транспортних засобів на одиницю продукції значно перевищує кількість машин, а це збільшує травмування зерна до 10-14 % на один робочий орган.

Використовуючи внутрішні компоновальні зв'язки декількох робочих органів в одному агрегаті якість обробки насіння значно підвищується, зменшується травмування в 2-4 рази. При цьому знижується матеріаломісткість обладнання на 50-60 %.

А зменшення електроспоживання, вважає J. Gembski [10], в свою чергу приводить до зменшення викидів пилу при очищенні зерна в навколишнє середовище, що є актуальною задачею сьогодення.



Д. С. Начинов [11] вважає, що потокові лінії очищення зерна вимагають удосконалення з точки зору енергозбереження та покращення техніко-економічних показників.

Незалежно від початку застосування нових агрегатів і комплексів, ще багато років основна маса зерна, яке збирається, буде оброблюватися на обладнанні, яке є в наявності в господарствах, тому необхідно раціонально використовувати це обладнання [12].

Наприклад, для більш досконалого очищення посівного зерна L. S. Soldatenko, I. A. Ostrovkyi [13] пропонують застосовувати удосконалені малогабаритні дискові трієри.

*Формулювання цілей статті.* Мета дослідження – енергозбереження в технологічному процесі очищення посівного зерна. Для досягнення поставленої цілі необхідно встановити вплив режимних та конструктивних параметрів робочих машин на енергоефективність технологічного процесу.

*Основна частина.* На вітчизняному ринку є велике різноманіття машин для післязбиральної обробки зерна і підготовки насіння до посіву. Для гарантованого очищення першокласного насіння агрегати комплектуються насіннеочисними приставками. Зерноочисні машини вторинного очищення, як і машини первинного очищення, мають в своєму складі аспіраційну частину і решітну.

Відміна складається в тому, що в машинах вторинного очищення зерно проходить аспірацію, як до решітного очищення, так і після нього, і питомі навантаження на аспіраційний канал приймаються занижені. На решітну поверхню також відбувається менше навантаження. Ці зміни пояснюються тим, що вимоги до якості очищення насінневого матеріалу, який оброблюється на цих машинах, значно вищі. На машині вторинного очищення необхідно виділити не тільки сміттєві домішки, які не виділені попередніми машинами, але і щуплі, недозрілі зерна основної культури. Це здійснюється як решетами, так і другою аспірацією.

В якості типового представника цієї групи машин є СВУ-5А. Її решітна частина має три яруси решіток, причому два нижніх яруси виділяють дрібні домішки, що є найбільш важкою і відповідальною операцією, яка визначає в значній мірі якість отриманого насіння.

Робочі органи приводяться в дію за допомогою чотирьох клинопасових і однією ланцюговою передачами від електродвигуна потужністю 5,5 кВт при  $n = 1440$  об/хв.

При аналізі шляхів зниження енергетичних витрат при обробці зерна був врахований вплив режимних та конструктивних параметрів робочих машин поточкових ліній. В зв'язку з цим виникла необхідність проведення досліджень по визначенню раціональних режимних та



конструктивних параметрів робочих машин і вибору потужності приводних електродвигунів та оптимальних ККД передачі.

Недосконалість існуючих методів розрахунку потужності електродвигунів, вважають L. S. Soldatenko, O. V. Hornishnyi [14], призводить до використання в деяких машинах потужних двигунів, вибір яких базується на індикативних розрахунках. Наприклад, за допомогою методу питомого споживання енергії або порівняння з аналогами. Оскільки розрахункові методи залежать від закону руху робочих органів і їх двигуна, кожен приклад необхідно розглядати окремо.

Для мінімізації електроспоживання електроприводами потокових ліній I. M. Kurchuk, O. V. Solona, I. A. Derevenko, I. V. Tverdokhlib [15] рекомендують розробити і проаналізували математичну модель електроспоживання електроприводами. А М. Postnikova, E. Mikhailov, D. Nesterchuk, O. Rechina [16] вважають, що для зниження витрат електроенергії електромеханічних систем необхідно провести оптимізацію режимів роботи електрообладнання.

Використання багатofакторного математичного експерименту при дослідженні процесів очищення зерна на потокових лініях дозволило при невеликій кількості дослідів визначити оптимальні умови очищення зерна на потокових лініях та дати рекомендації по удосконаленню робочих машин потокових ліній і керуванню технологічним процесом очищення зерна [17].

В математичній моделі (рисунок 1) прийнято:

$x_1$  – продуктивність зерноочисної машини, кг/с;

$x_2$  – ширина решета, дм;

$x_3$  – число коливань решітного стану, колів./хв.;

$x_4$  – кут між напрямком коливань та площиною решета, град.;

$x_5$  – коефіцієнт корисної дії передачі;

$x_6$  – вага решітного стану, кг;

$x_7$  – коефіцієнт корисної дії електродвигуна;

$y$  – спожита потужність електродвигуна, кВт.



Рисунок 1. Математична модель спожитої потужності електродвигуна зерноочисної машини



Позначення факторів і рівні їх варіювання при використанні методу планування математичного експерименту наведені в таблиці 1. При цьому рівні варіювання факторів вибиралися з урахуванням даних технічної характеристики та реальної можливості зміни факторів на практиці.

Таблиця 1

Рівні факторів та інтервали варіювання для зерноочисної машини СВУ-5А

Рівні факторів	Нормована величина	X <sub>1</sub> , т/год	X <sub>2</sub> , дм	X <sub>3</sub> , колив/хв.	X <sub>4</sub> , град.	X <sub>5</sub>
Верхній рівень	+1	10,0	10,4	500,0	30,0	0,8
Основний рівень	0	6,5	9,9	430,0	27,0	0,75
Нижній рівень	-1	3,0	9,4	360,0	24,0	0,7
Шаг варіювання		±3,5	±0,5	±70,0	±3,0	±0,05

В результаті обробки матриць плану повного факторного експерименту було отримано рівняння регресії для розрахунку спожитої потужності зерноочисної машини СВУ-5А потокової лінії очищення зерна в залежності від режимних та конструктивних параметрів [17]

$$P_{\text{спож.}} = 0,9715 + 0,0377 \cdot Q - 0,0005 \cdot n - 0,0115 \cdot \gamma - 0,572 \cdot \eta_{\text{пер.}} \quad (1)$$

Як видно з рівняння (1), параметрами, які впливають на спожиту потужність електродвигуна зерноочисної машини СВУ-5А є продуктивність  $Q$ , кількість коливань решітного стану  $n$ , кут між напрямком коливань та площиною решета  $\gamma$ , коефіцієнт корисної дії передачі  $\eta_{\text{пер.}}$ .

Одержане рівняння дає можливість вирішувати задачі енергозбереження в технологічному процесі очищення посівного зерна і розробити норми електроспоживання технологічного процесу [18].

Питома витрата електроенергії визначається

$$W_{\text{пит.}} = \frac{P_{\text{спож.}}}{Q}, \quad (2)$$

де  $P_{\text{спож.}}$  – потужність, спожита електродвигуном з мережі, кВт;

$Q$  – продуктивність машини, т/год.

Як показали дослідження, питома витрата електроенергії при зміні числа коливань решітного стану в межах  $n = 360-500$  коливань за хвилину (рис. 2) змінюється по-різному: при  $n = 390-440$  коливань





питома витрата електроенергії зменшується при збільшенні продуктивності, а при  $n > 460$  коливань відбувається зворотній процес: при збільшенні продуктивності питома витрата електроенергії збільшується. При  $n = 460$  коливань питома витрата електроенергії не змінюється. Тому,  $n = 460$  коливань є оптимальним числом коливань решітного стану з точки зору витрат електроенергії при дотриманні агротехнічних вимог до якості очищення зерна пшениці.

Що стосується кута між напрямком коливань і площиною решета  $\gamma = 24-30^\circ$ , то оптимальним кутом з точки зору витрат електроенергії є  $\gamma = 28^\circ$  (рис/ 3).

Робочі органи зерноочисної машини приводяться в дію від електродвигуна трьома клиноремінними та однією ланцюговою передачами, розташованими з двох сторін. При  $\eta_{\text{пер.}} = 0,7-0,77$  питома витрата електроенергії зменшується при збільшенні продуктивності, а при  $\eta_{\text{пер.}} > 0,78$  відбувається зворотній процес: при збільшенні продуктивності питома витрата електроенергії зменшується. Тому, оптимальним ККД є  $\eta_{\text{пер.}} = 0,78$  (рисунок 4).

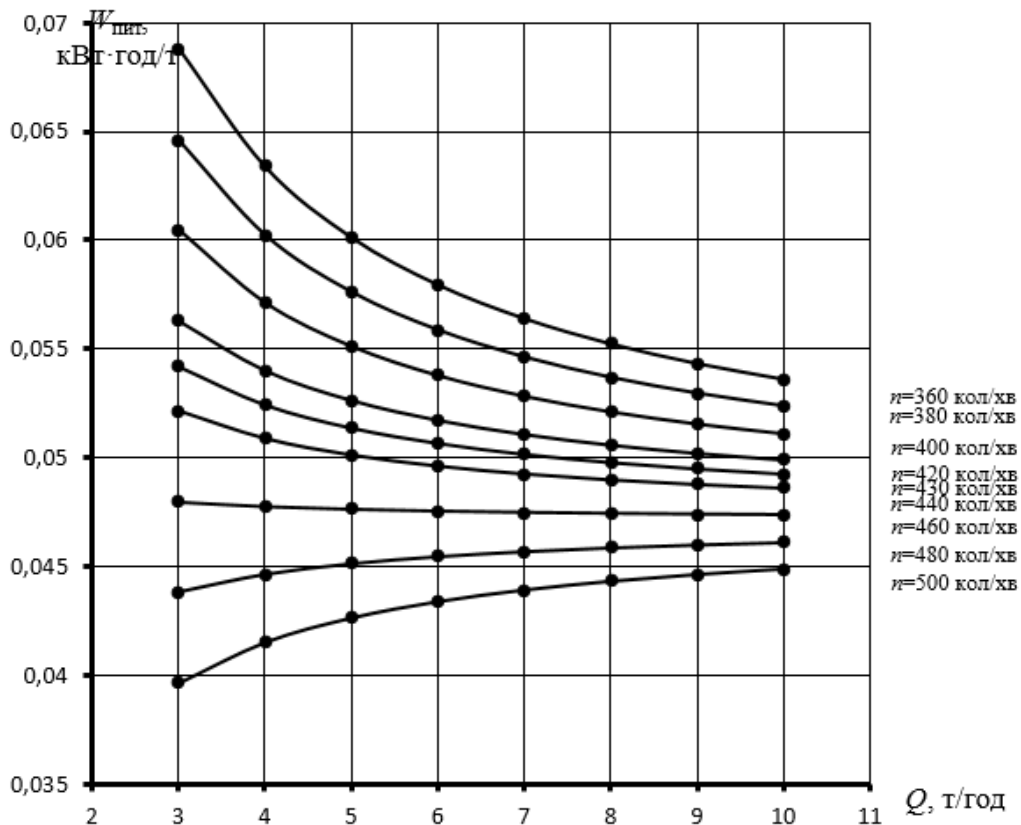


Рисунок 2. Залежність  $W_{\text{пит.}} = f(Q)$  при  $n = \text{var}$  для СВУ-5А

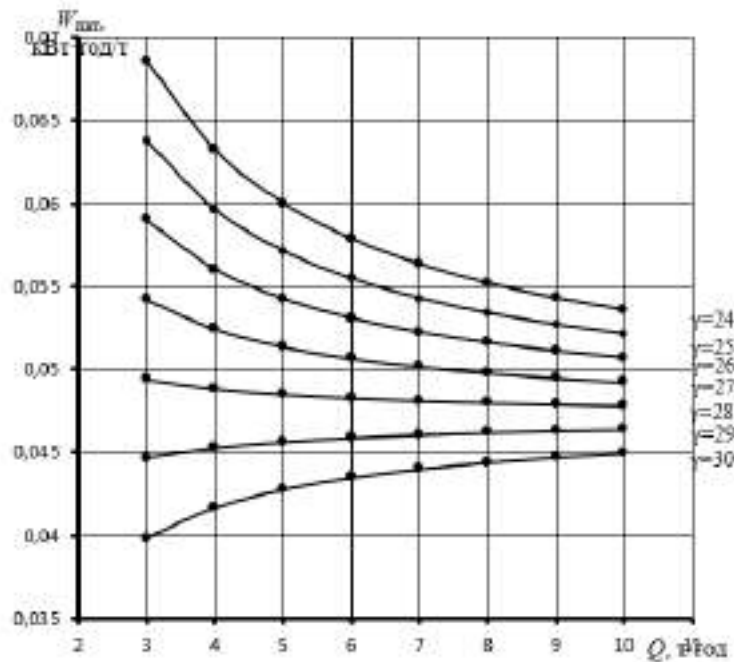


Рисунок 3. Залежність  $W_{\text{пит.}} = f(Q)$  при  $\gamma = \text{var}$  для СВУ-5А

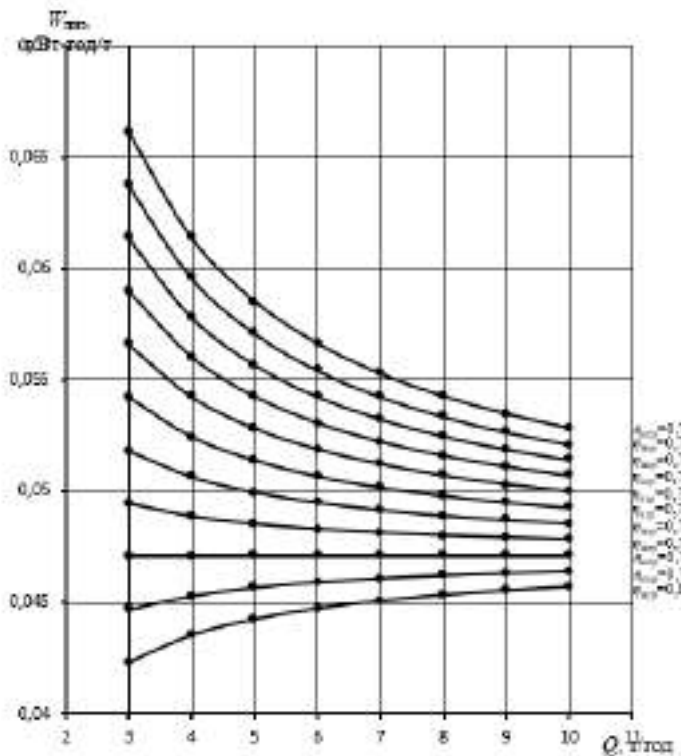


Рисунок 4. Залежність  $W_{\text{пит.}} = f(Q)$  при  $\eta_{\text{пер.}} = \text{var}$  для СВУ-5А

*Висновки.* Аналіз впливу режимних та конструктивних параметрів робочих машин поточкових ліній зернопунктів на питому витрату електроенергії дозволив визначити оптимальні умови очищення посівного зерна з дотриманням агротехнічних вимог до якості очищення зерна та дати рекомендації по удосконаленню поточкових ліній та керуванню процесом очищення посівного зерна.



Для зерноочисної машини СВУ-5А оптимальні значення режимних та конструктивних параметрів з точки зору мінімальних витрат електроенергії при дотриманні агротехнічних вимог до якості очищення зерна пшениці є: число коливань решітного стану  $n = 460$  коливань за хвилину, кут між напрямком коливань і площиною решета складає  $\gamma = 28^\circ$ , ККД передачі не повинен перевищувати  $\eta_{\text{пер.}} = 0,78$ .

Проведені дослідження мають практичне значення, так як є основою для розробки науково-обґрунтованих норм електроспоживання технологічного процесу очищення посівного зерна [19].

Список використаних джерел

1. Сорочинский В. Ф. Послеуборочная обработка и хранение зерна. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2003. № 1. С. 10-14.

2. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль, 2001. 984 с.

3. Jiang S., Zhang L. Energy-Oriented Scheduling for Hybrid Flow Shop with Limited Buffers Through Efficient Multi-Objective Optimization. *IEEE ACCESS*. 2019. Vol. 7. P. 34477-34487. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2904848.

4. Study of energy saving analysis for different industries / A. Abdel-Hadi et al. *Journal of Energy Resources Technology, Transactions of the ASME*. 2021. Vol. 143, № 5. DOI: 10.1115 / 1.4048249.

5. Котов Б. І. Перспективи розвитку конструкцій зернонасібноочисної техніки. *Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин*. Кіровоград, 2001. Вип. 31. С. 110-112.

6. Котов Б. І., Степаненко М. Г., Пастушенко М. Г. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зерноматеріалів. *Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин*. Кіровоград, 2003. Вип. 33. С. 53-59.

7. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. [Чинний від 2019-06-10]. Київ, 2019. 19 с.

8. Головнов А. Н. Как правильно выбрать зерноочистительную машину. *Техника и оборудование для села*. 2003. № 6. С. 20-23.

9. Чуйко Г. В., Олейников В. Д. Повышение технического уровня зерноочистительной техники. *Техника и оборудование для села*. 2003. № 5. С. 8-10.

10. Gembicki J. Energy efficiency in the agricultural and food industry illustrated with the example of the feed production plant. *1st International Conference on the Sustainable Energy and Environment Development (Seed 2016)*. 2016. Vol. 10. № 00138. DOI: 10.1051/e3sconf/20161000138.



11. Начинов Д. С. Совершенствование линий для послеуборочной обработки зерна. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2005. № 1. С. 15-17.
12. Проблемы и перспективы использования агрегатов ЗАВ и комплексов КЗС / В. П. Дринча и др. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2002. № 3. С. 31-33.
13. Soldatenko L. S., Ostrovkyi I. A. Improvement of the collector output device of the disk separators. *Grain products and Mixed Fodder's*. 2019. Vol. 19, № 2. P. 48-50. DOI: 10.15673/gpmf.v19i2.1447.
14. Soldatenko L. S., Hornishnyi O. V. Clarification of the methods used for calculating power of sieve separators. *Grain products and Mixed Fodder's*. 2018. Vol. 18, № 4. P. 47-50. DOI: 10.15673/gpmf.v18i4.1197.
15. Kupchuk I. M., Solona, O. V., Derevenko I. A., Tverdokhlib I. V. Verification of the mathematical model of the energy consumption drive for vibrating disc crusher. *Inmateh-Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 55, № 2. P. 113-120.
16. Postnikova M., Mikhailov E., Nesterchuk D., Rechina O. Energy Saving in the Technological Process of the Grain Grinding. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing. 2019. P. 395-403.
17. Назарьян Г. Н., Постникова М. В., Карпова А. П. Решение задач оптимизации объектов исследования методом планирования математического эксперимента. Мелитополь: Люкс, 2012. 68 с.
18. Постнікова М. В. Розробка науково-обґрунтованих норм енергоємності при обробці зерна на зернопунктах. *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут"*. Сер. Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. 2008. № 30. С. 511-512.
19. Дидур В. А., Масюткин Е. П., Постникова М. В., Масловский В. А. Научное обоснование удельных расходов электроэнергии при очистке зерна методом математического планирования эксперимента. *Праці інституту електродинаміки НАН України*. Київ, 2008. Вип. 19. С. 94-98.  
Стаття надійшла до редакції 28.01.2021р.

**M. Postnikova**

**Dmytro Motornyi Tauria state agrotechnological university**

### **ENERGY EFFICIENCY RESEARCH SECOND CLEANING MACHINES OF SOWING GRAIN**

#### *Summary*

Research of energy efficiency of machines of flow lines of cleaning of sowing grain is an important priority in modern conditions. Problems related to energy efficiency



continue to be relevant. One option for a partial solution to this problem is to study the nature of the relationship between the energy performance of the process equipment of grain cleaning lines. The SVU-5A machine is presented as a typical representative of machines of secondary cleaning of sowing grain. The modes of operation of the electric drive of the working machine and technological requirements for cleaning of sowing grain were analyzed in the work. The analysis of ways to reduce energy consumption during grain cleaning took into account the influence of mode and design parameters of the working machine on energy consumption. In this regard, there is a need for research to determine the rational mode and design parameters of the working machine and the choice of power of the drive motor and the optimal transmission efficiency.

For the first time, a multifactor mathematical experiment was used to determine the optimal conditions for grain cleaning, which allowed for a small number of experiments to conduct research and make recommendations for improving the working machine and control the technological process of grain cleaning. For the first time, as a result of processing the matrices of the plan, a regression equation was obtained to calculate the power consumption of the working machine depending on the mode and design parameters. The results of the research allowed to develop recommendations for the implementation of energy-saving modes of operation, which will save 8-10 % of electricity.

**Key words:** energy saving, rational use of electricity, energy saving, multifactor experiment, grain cleaning unit.

**М.В. Постникова**

**Таврический государственный агротехнологический университет  
имени Дмитрия Моторного**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МАШИН ВТОРИЧНОЙ ОЧИСТКИ ПОСЕВНОГО ЗЕРНА**

#### ***Аннотация***

Типичным представителем машин вторичной очистки посевного зерна является машина СВУ-5А. В работе были проанализированы режимы работы электропривода и технологические требования к очистке посевного зерна. Впервые для определения оптимальных условий очистки зерна был использован многофакторный математический эксперимент, что позволило при небольшом количестве опытов провести исследования и дать рекомендации по совершенствованию рабочей машины и управлению технологическим процессом очистки зерна. Впервые в результате обработки матриц плана было получено уравнение регрессии для расчета потребляемой мощности рабочей машины в зависимости от режимных и конструктивных параметров. Результаты проведенных исследований позволили разработать рекомендации по реализации энергосберегающих режимов работы, что позволит экономить 8-10 % электроэнергии.

**Ключевые слова:** энергосбережение, рациональное использование электроэнергии, экономия электроэнергии, многофакторный эксперимент, зерноочистительный агрегат.



УДК 621.693

І. І. Сілі, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-6603-2174

О. Ю. Азархов, д.мед.н., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-2085-4786

*ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»*

e-mail: sili\_i\_i@pstu.edu

## РОЗРОБКА МОДЕЛІ ЦИФРОВОГО ФЕТАЛЬНОГО ПУЛЬСОМЕТРУ

**Анотація.** У науковій роботі представлено розробку недорогої, неінвазивної, керованої користувачем та мікроконтролером ATMEga 328 автономної системи моніторингу серцебиття плода, яка може використовуватися як в лікарняних так і в домашніх умовах. Тони серця плода реєструються за допомогою конденсаторного мікрофона та попередньо обробляються низькочастотним фільтром, який усуває непотрібні шуми та обмежує пропускну здатність сигналу. Крім того, розроблено алгоритм для виявлення піку із затримкою 300 мс. Це забезпечує серце плода значним діагностичним та клінічним значенням. Результат показує, що запропонований прототип демонструє досить добру точність. Отже, дослідження показало, що конденсаторний мікрофон є робочою моделлю і може ефективно використовуватися при розробці комерційних ФЕП для використання в якості системи моніторингу домашнього догляду вагітних. Однак прототип пристрою потрібно протестувати на більшій кількості вагітних жінок, щоб узагальнити та покращити роботу пристрою.

**Ключові слова:** пульсометр, плод, вагітна жінка, мікроконтролер, конденсаторний мікрофон, плата Ардуіно, датчик.

**Постановка проблеми.** Серце і система кровообігу - це одні із ранніх органів, які розвиваються у плода. Перший удар серця у плода спостерігаються на 3-му тижні життя як з'ясував у своїй роботі R. A. Samenі[1]. Існують відмінності в анатомії та фізіології серця плода та серця новонародженого. Під час вагітності кровообіг серця плода відрізняється від кровообігу серця новонароджених. Кисень надходить до плоду лише через плаценту, тому серце виконує функцію лише перекачування кисневої крові по всьому тілу, включаючи легені [2]. Однак легені забезпечують киснем серце новонародженого так само, як і у дорослих.

Частота серцевих скорочень плода - це дуже важливий параметр,





який можна контролювати, і який виступає в якості показника для оцінки стану плода стверджує O. Carlotta [3]. Під час вагітності іншим способом дізнатись про самопочуття плода є використання контролю за рухом плода. Однак даний метод має багато недоліків. В будь якому випадку важливо проводити моніторинг плоду, оскільки на цьому етапі можна вжити превентивні заходи, у тому випадку, коли будуть виявлені порушення серцевого ритму плода, що можуть призводити до недозрівання або викидня. Інший важливий аспект це спостереження за тими майбутніми матерями, які перебувають у групі високого ризику або раніше вже перенесли викидень.

Коли серце б'ється, воно перекачує кисневу кров по всьому тілу організму. Адекватність оксигенації плода важлива для запобігання гіпоксії, яка впливає на все тіло. Як з'ясував M. Nageotte [4], якщо виникає гіпоксія, це може призвести до зменшення мозкового кровотоку плода. Отже, моніторинг серцебиття здатний розпізнати асфіксію плода. Асфіксія плода це досить тяжкий стан, що може призвести до неврологічних пошкоджень або навіть загибелі дитини. Крім того, моніторинг серцебиття дитини може вирішити дві проблеми, які слугують скринінговим тестом на важку асфіксію і дозволяють розпізнати ранню асфіксію, щоб своєчасне акушерське втручання допомогло уникнути пошкодження мозку або смерті новонародженого, спричиненого асфіксією.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Проведений аналіз останніх досліджень свідчить, що спроби визначити серцебиття плоду в утробі матері є в більшості випадків досить успішні. В даний час основним методом оцінки стану плода під час пологів, є кардіотокографія (КТГ), детально про це описано Ю. І. Барашневим [5]. Безперервний моніторинг серцевої діяльності плоду за допомогою розроблених в кінці 1960-х рр. скальпелектродів, які можна прикладати на голівку плоду, привів до величезної кількості досліджень по вивченню взаємовідносин між зміною частоти серцевих скорочень плода (ЧСС) і характером перебігу пологів. В. І. Орлов та ін.[6] встановили, що ультразвукова доплерографія судин плода, артерії пуповини і маткових артерій недостатньо специфічна щодо гіпоксичного стану плода.

Можливість застосування фетальної пульсоксиметрії також вивчається протягом останніх 10 років, проте її потенційне клінічне значення як і раніше є неоднозначним. Зберігаються суперечки щодо того, наскільки точно результати пульсоксиметрії відображають рівень ацидемії. Таким чином, в даний час немає чітких критеріїв оцінки стану плода в пологах. Кожен з перерахованих методів фетального моніторингу не забезпечує окремо адекватної оцінки стану плода в пологах, що диктує необхідність комплексного обліку даних основних



взаємодоповнюючих методів фетального моніторингу. Завдяки постійному прогресу технічних, діагностичних і лікувальних можливостей сучасної медицини методи оцінки стану плода в пологах будуть завжди залишатися розвиваючою областю перинаталогії, а широкий спектр недорогих електронних компонентів дозволяє створити прості, зручні, автономні та досить прецизійні прилади для виміру серцевих скорочень малюка. Апарати на базі сучасних мікроконтролерів AVR в біоінженерії знаходить все більше застосування, так нами в попередніх дослідженнях було представлено модель підігрівання імплантантів з використанням сучасних мікроконтролерів [7-10]. Відомий мікропроцесор ATmega 328 в платах Ардуіно свого часу здійснив революцію в цифровій електроніці, а платформа Ардуіно все частіше застосовується при розробці нових біомедичних приладів [11,12]. До переваг слід віднести простоту програмування, невисокаку вартість, маленькі габарити, достатню кількість цифрових та аналогових входів-виходів. Саме цю платформу ми будемо використовувати в нашій моделі.

*Формулювання мети статті.* У цьому дослідженні ми представляємо нашу конструкцію нового компактного та недорогого фетального пульсометра (ФЕП) на основі конденсаторного мікрофона та мікроконтролера Arduino. Результатом ФЕП є середній пульс плода, який може відобразитися на LCD-дисплеї.

*Основна частина.* На рис. 1 показано загальну блок-схему всієї системи для апаратної реалізації. Вона складається з п'яти етапів: збір даних, попередня обробка даних, подача на мікроконтролер, цифрова обробка та відображення. Етап збору даних складається з одного конденсаторного мікрофона, який діє як датчик для виявлення та отримання серцевого звуку дитини. Звук, який виробляє серце плода, не чути людським слухом. Отже, для отримання сигналу потрібен носій. Конденсаторний мікрофон, здатний реагувати на звуки всіх частот у широкому частотному діапазоні до 20 кГц. Отримані результати дослідником D. Santoso [13] показують, що частота серцевого звуку плода коливається в межах до 200 Гц, тому була обрана гранична частота 200 Гц.



Рисунок 1. Блок-схема роботи фетального пульсометра

Попередня обробка даних складається з підсилювача та фільтра. Операційний підсилювач, який використовується для посилення - NE5532. Імітація схеми попереднього підсилення та фільтрації

проводилася за допомогою програмного забезпечення Multisim окремо. Схему було зроблено на основі ескізу із використанням програмного забезпечення, результат моделювання показаний на рис. 2.

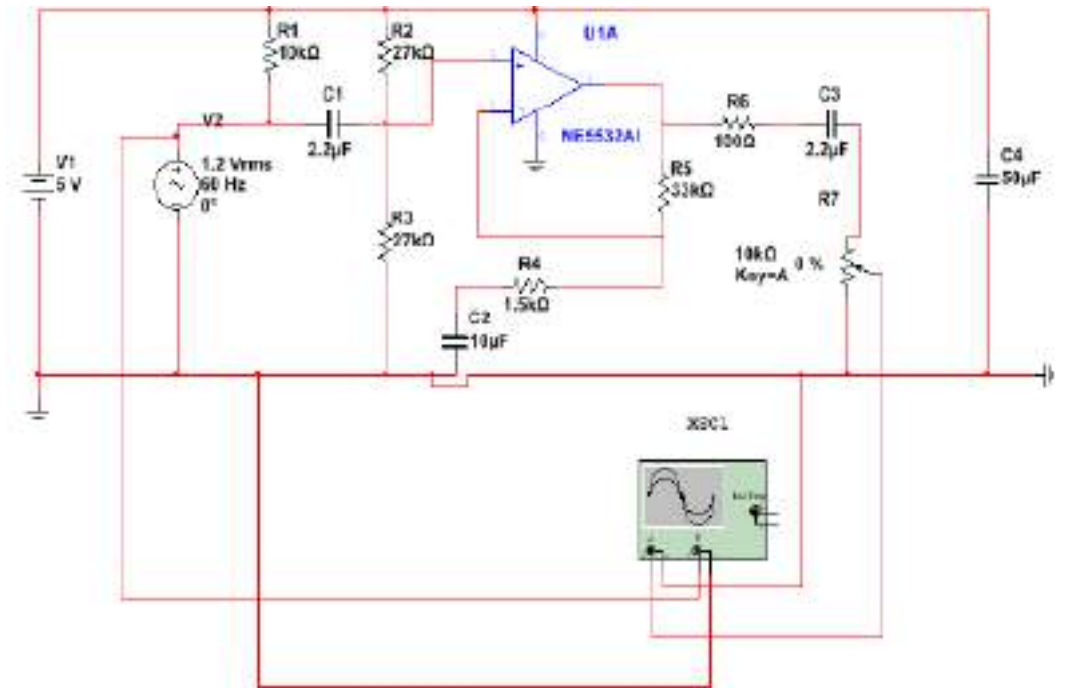


Рисунок 2. Схема попереднього підсилення

Для усунення шумів нами використано низькочастотний фільтр. За допомогою програмного забезпечення Filter Lab 2.0 було створено низькочастотний фільтр Баттерворта четвертого порядку. Схема фільтрації показана на рис. 3, а результати моделювання - на рис. 4.

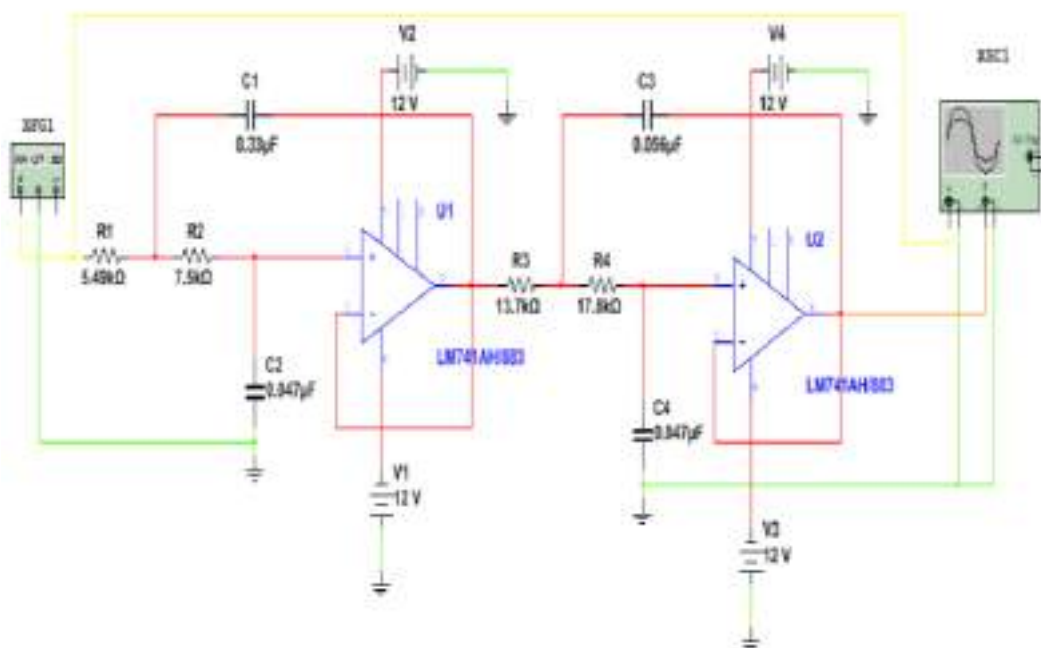


Рисунок 3. Схема низькочастотного фільтра Баттерворта

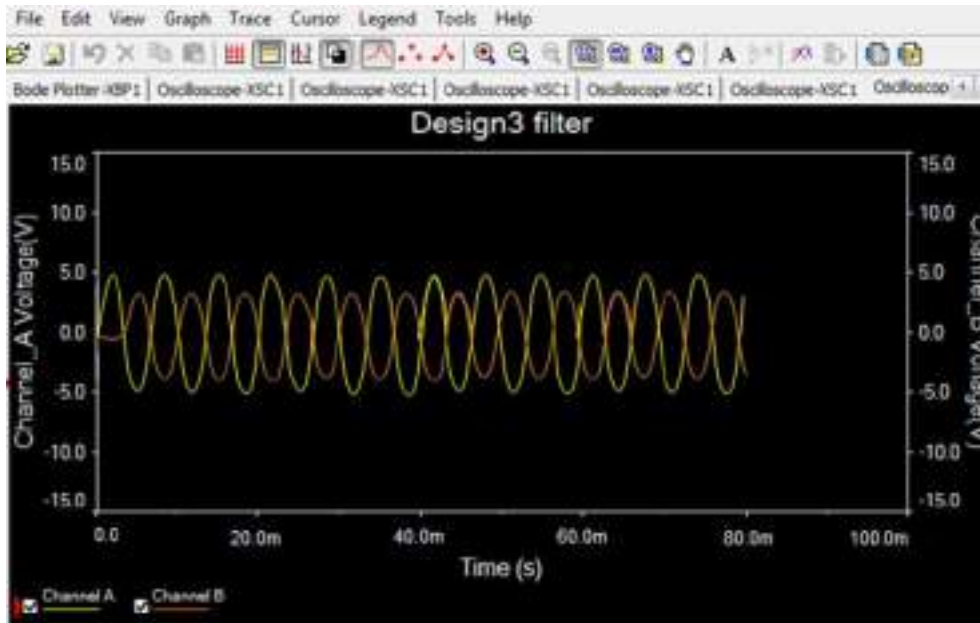


Рисунок 4. Осцилограма низькочастотного фільтра Баттерворта четвертого порядку (200 Гц)

Ідея використання четвертого порядку є досить ефективною, тому що чим більша кількість сумарних каскадів, тим ближче фільтр до ідеальної реакції і використовує менше живлення компонентів порівняно з фільтром 8-го порядку. Операційним підсилювачем, що використовується для фільтрації, є LM741. Оскільки частота відсічки становить 200 Гц, вихід нижче частоти відсікання дасть те саме, що і вхід. Однак у практичному випадку графік покаже максимум від 60 до 70 Гц, а вихідна потужність почне зменшуватися після 70 Гц. Поріг використовується при програмуванні для усунення ефектів від цих частот. В проекті ми використали Arduino Uno R3, який має вбудований мікроконтролер ATmega 328 для обробки даних. Сигнал, отриманий після етапу попередньої обробки даних, надходить у Arduino Uno R3 як вхід для подальшої обробки. Вхід сигналу має аналогову форму, тому його можна підключити до аналогового входу на Arduino Uno (в нашому випадку A0). Комп'ютер не може прочитати аналогову форму сигналу. Отже, мікроконтролер також діє як 10 бітний АЦП, який може перетворювати аналогову форму в цифрову. Розроблена програма завантажується в Arduino Uno за допомогою програмного забезпечення Arduino IDE для подальшого процесу.

Для того, щоб отримати показники серцебиття плода, у роботі використовується постійний поріг. У цьому дослідженні було обрано поріг який дорівнює 10. Для введення цього вимірювання був наданий відфільтрований сигнал і алгоритм виявлення піків був використаний для виявлення піку від сигналу. Після виявлення піку було додано ще одну затримку в 300 мс (рис. 5).

```
1 | Arduino 1.8.13
Файл Проєкт Скетч Інструменти Допомога
18
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd_27(0x27, 16, 2);

void setup()
{
  lcd_27.begin ();
  lcd_27.backlight();
}

void loop ()
{
  if (analogRead(0) > 10)
  {
    lcd_27.setCursor(1,1, 1-1);
    lcd_27.print( "Fetal Heart Rate" );
    lcd_27.setCursor(1,1, 2-1);
    lcd_27.print( "Aver." );
    lcd_27.print( analogRead(0) );
    delay(300);
  }
}
```

Рисунок 5. Приклад програмного коду на мові С++ для роботи фетального датчика з виводом результатів на LCD екран

На останньому етапі показники частоти серцевих скорочень плода відобразатимуться на LCD-дисплеї 16x2 з вбудованим модулем I2C. LCD-дисплей підключений до мікроконтролера і повинен бути запрограмований. Результат також можна контролювати через послідовний монітор (рис. 6).



Рисунок 6. Загальний вигляд прототипу фетального пульсометру





На LCD-дисплеї він відображатиме середній пульс плода. Частоту плоду усереднювали протягом 1 хвилини, а оптимізований час усереднення класифікують у подальших дослідженнях. Живлення пристрою передбачено від акумулятора напругою 9В. Це дозволить побудувати прилад на умовах автономності та портативності.

*Висновки.* У науковій роботі представлено розробку недорогої, неінвазивної, керованої користувачем та мікроконтролером ATMEga 328 автономної системи моніторингу серцебиття плода, яка може використовуватися як в лікарняних так і в домашніх умовах. Тони серця плода реєструються за допомогою конденсаторного мікрофона та попередньо обробляються низькочастотним фільтром, який усуває непотрібні шуми та обмежує пропускну здатність сигналу. Крім того, розроблено алгоритм виявлення піку із затримкою 300 мс. Це забезпечує серце плода значним діагностичним та клінічним значенням. Результат показує, що запропонований прототип демонструє досить добру точність. Отже, дослідження показало, що конденсаторний мікрофон є робочою моделлю і може ефективно використовуватися при розробці комерційних ФЕП для використання в якості системи моніторингу домашнього догляду вагітних. Однак прототип пристрою потрібно протестувати на більшій кількості вагітних жінок, щоб узагальнити та покращити роботу пристрою.

#### Список використаних джерел

1. Sameni R., Clifford G. D. A Review of Fetal ECG Signal Processing. Issues and Promising Directions. *The open pacing, electrophysiology & therapy journal*. 2010. Vol. 3. P. 4-20. DOI: 10.2174/1876536X01003010004.
2. Holloway B. Health Encyclopedia. Rochester: University of Rochester Medical Center, 2015. p. 342.
3. Intraoperative fetal heart monitoring for non-obstetric surgery: A systematic review / G. Po et al. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*. 2019. Vol. 238. P. 12-19. DOI: 10.1016/j.ejogrb.2019.04.033.
4. Nageotte M. P. Fetal heart rate monitoring. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*. 2015. Vol. 20. P. 144-148. DOI: 10.1016/j.siny.2015.02.002.
5. Барашнев Ю. И. Гипоксическая энцефалопатия: гипотезы патогенеза церебральных расстройств и поиск методов лекарственной терапии. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2002. № 1. С. 6-9.
6. Кардиотокография и доплерометрия в современном акушерстве / В. И. Орлов и др. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2007. 288 с.





7. Сілі І. І., Азархов О. Ю. Модель безструмового апарату підігрівання імплантантів *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 417–419.

8. Manita I. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. *Інженерія природокористування.*, 2020. №2(16). С. 33–37.

9. Manita I., Podashevskaya H. Areas of application of nanotechnologies in animal husbandry. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 357-361.

10. Sklar R. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Rome, 2021. Pp. 171-176.

11. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux, 2020. P. 478-480.

12. Волошин В. С., Азархов О.Ю., Сілі І.І. Осушувач повітря на базі елемента Пельтьє та Ардуіно. *Медична інформатика та інженерія*, 2020. Вип. (2). с. 90-95. <https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2020.2.11180>.

13. Santoso D., Setiaji F.D. Design and Implementation of Capnograph for Laparoscopic Surgery. *International Journal of Information and Electronics Engineering*. September 2013. Vol. 3. P. 55 – 67.

Стаття надійшла до редакції 13.05.2021

**I.I. Sili, O.Yu. Azarkhov**  
**Pryazovskyi State Technical University**

## **DIGITAL FETAL HEART RATE MONITOR PROTOTYPE**

### *Summary*

This article discusses the development of an inexpensive, non-invasive, both user and microcontroller ATMEga 328 controlled autonomous fetal heart rate monitoring system, which can be used in hospital and domestic purposes. Fetal heart vibrations are recorded with a condenser microphone and pre-processed by a low-pass filter that removes unnecessary noise and limits signal bandwidth. In addition, a peak detection algorithm has been developed to detect a peak with a 300ms delay. Data processing consists of an amplifier and a filter. The operational amplifier used for amplification is NE5532. The simulation of the preamplification and filtering scheme was performed using Multisim software program. We used a fourth-order low-frequency Butterworth filter to eliminate noise. The operational amplifier used for filtering is LM741. In the project we used Arduino Uno R3, which has a built-in microcontroller ATMEga 328 for



data processing. The signal received after the pre-processing step is fed to the Arduino Uno R3 as input for further processing. The signal input has an analog form, so it can be connected to the analog input on the Arduino Uno. The microcontroller also acts as a 10-bit ADC that can convert analog form to digital. The developed program is loaded into Arduino Uno using the Arduino IDE software for further process. At the last stage, the fetal heart rate will be displayed on a 16x2 LCD display with a built-in I2C/TWI module. The LCD display is connected to the microcontroller and must be programmed. This provides the fetal heart with significant diagnostic and clinical value. The result shows that the proposed prototype demonstrates a fairly good accuracy. Thus, the study showed that the condenser microphone is a working model and can be effectively used in the development of commercial fetal heart rate monitors for use as a home monitoring system for pregnant women. However, the prototype device still needs to be tested on more pregnant women in order to generalize and improve the device's performance.

**Key words:** heart rate monitor, fetus, pregnant woman, microcontroller, condenser microphone, Arduino board, sensor.

**И.И. Сили, А.Ю. Азархов**

**Приазовский государственный технический университет**

## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЦИФРОВОГО ФЕТАЛЬНОГО ПУЛЬСОМЕТРА**

### ***Аннотация***

В научной работе представлено разработку недорогой, неинвазивной, управляемой пользователем и микроконтроллером ATMEga 328 автономной системы мониторинга сердцебиения плода, которая может использоваться как в больничных, так и в домашних условиях. Тоны сердца плода регистрируются с помощью конденсаторного микрофона и предварительно обрабатываются низкочастотным фильтром, который устраняет ненужные шумы и ограничивает пропускную способность сигнала. Кроме того, разработан алгоритм обнаружения пика для выявления пика с задержкой 300 мс. Это обеспечивает сердце плода значительным диагностическим и клиническим значением. Результат показывает, что предложенный прототип демонстрирует достаточно хорошую точность. Таким образом, исследование показало, что конденсаторный микрофон является рабочей моделью и может эффективно использоваться при разработке коммерческих фетальных пульсометров для использования в качестве системы домашнего мониторинга беременных. Однако прототип устройства еще нужно протестировать на большем количестве беременных женщин, чтобы обобщить и улучшить работу устройства.

**Ключевые слова:** пульсометр, плод, беременная женщина, микроконтроллер, конденсаторный микрофон, плата Ардуино, датчик.



УДК 621.3:665.335.5

О. В. Діденко, аспірант

ORCID: 0000-0002-9652-169x

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені**Дмитра Моторного*

e-mail: ettp@tsatu.edu.ua

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОВИДІЛЕННЯ В РИЦИНОВІЙ ОЛІЇ З РІЗНИМ ПИТОМИМ ОПОРОМ ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

*Анотація.* Робота присвячена проблемі, яка виникає при процесі очищення рицинової олії в електричному полі, а саме визначенню кількості тепла, яке виділяється в електродному просторі.

За допомогою комп'ютерного моделювання «ELCUT» представлено результати дослідження енергетичних показників, таких як тепловиділення в міжелектродному просторі багатоелектродної системи, яка використовується при очищенні рицинової олії в електричному полі при значеннях питомого опору рицинової олії  $1 \cdot 10^8$  Ом/м,  $1 \cdot 10^7$  Ом/м та  $0,5 \cdot 10^7$  Ом/м. Отримані показники процесу тепловиділення порівняно з результатами експериментальних досліджень.

*Ключові слова:* тепловиділення, рицинова олія, електрофізичні властивості, питомий опір, вода, рослинні домішки, температура.

*Постановка проблеми.* Один з основних процесів при виробництві рицинової олії – очищення свіжовижатої олії від домішок та фосфатидів. При цьому процесі можуть використовуватись пристрої, дія яких полягає на взаємодії електричного поля з домішками, які необхідно видалити. Для протікання технологічного процесу, необхідно дотримуватись умов. Так, необхідними умовами для стійкого протікання процесу очищення рицинової олії в електричному полі є висока напруга на електродах – 3000 – 5000 В, додавання до складу олії води 1 – 2 % для гідратації домішок - фосфатидів при умові ретельного перемішування цієї емульсії та підігрівання емульсії до температури 60 – 80 °С. Підігрівання емульсії «вода в рициновій олії» компенсує та збільшує виділення тепла електродами на пароутворення. При цих умовах в електричному полі вздовж поверхні електродів утворюються парогазові бульбашки, які рухаються на поверхню рідини разом із домішками, де видаляються механічними або іншими способами.



При цьому процесі утворюється електричне поле високої напруженості, в якому, відповідно до закону Джоуля – Ленца виникають теплові витрати. Для вирахування теплових втрат необхідно визначити розподіл електричного поля електродної області. Визначення розподілу електродної області має певні труднощі, але є необхідним для визначення кількості тепла, яке виділяється в електродному просторі.

*Аналіз останніх досліджень.* В технологіях очищення діелектричних рідин в електричному полі високої напруженості в принцип дії покладено вплив електричного поля на домішки, які під дією сил поля рухаються на поверхню рідини, де повинні бути видалені. При цьому, в електричному полі, в залежності від конструкції електродної системи, питомого опору рідини та потенціалу електричного поля виникають невеликі енерговитрати [1].

Для розрахунку електричного поля існує багато методів. Електропровідність електричного поля плоско – паралельних пластин може бути розрахована за їх геометричними параметрами (довжина і ширина пластин та їх кількість) при нехтуванні крайовими ефектами, якщо розміри пластин перевищують відстань між ними [2]. Розрахунок електростатичних полів зводиться до визначення напруженості поля  $E$  при заданому розподілу зарядів  $q$ , збуджуючих поле. Якщо визначення  $E$  приводить до певних труднощів, спочатку визначається потенціал  $\varphi$  по заданому розподілу зарядів, а потім визначається напруженість поля. До методів розрахунку полів відноситься метод накладання; метод конформних перетворень; метод дзеркальних зображень, графічні та інші методи [2].

Метод накладання. Якщо розподіл заряду в просторі задано, то поділив цей заряд на нескінченно малі елементи  $dQ$  та враховуючи їх точковими, можна визначити потенціал та напруженість поля за формулою:

$$d\varphi = \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R}, \quad (1)$$

$$d\vec{E} = \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R^2}, \quad (2)$$

Додаючи алгебраїчні величини  $d\varphi$  можна визначити потенціал в кожній точці поля.

$$\varphi = \int d\varphi = \int \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R}, \quad (3)$$

Напруженість  $E$  визначається за формулою:

$$\vec{E} = -grad\varphi \quad (4)$$

Метод дзеркальних відображень. Якщо електричні заряди



розташовані поблизу ліній розмежувань двох різнорідних середовищ, то методи поля можна визначити за допомогою штучного методу розрахунку, який зветься методом дзеркальних відображень. Ідея методу в тому, що замість неоднорідного середовища розглядається однорідне середовище. Вплив неоднорідності враховується вступом фіктивних зарядів. Визначив вектор кола від сумісної дії заданих та фіктивних зарядів, записують граничні умови основного завдання та користуючись ними знаходять векторні поля, розподіл потенціалів та зарядів в системі провідникових тіл [ 2].

При виникненні труднощів математичного розв'язання завдання, особливо для розрахунку електричного поля систем циліндричних електродів, розрахунок поля проводиться за допомогою комп'ютерного моделювання електродної системи програмними засобами «ELCUT» з урахуванням питомого опору рідини, потенціалу поля, геометричних параметрів електродної системи. Використання програмних засобів «ELCUT» дозволяє отримати локальні та інтегральні значення фізичних величин, таких як електричний потенціал, вектор напруженості електричного поля (формула 4), вектор щільності струму, потужність тепловиділення та інші.

*Формулювання мети статті.* Робота направлена на визначення енергетичних показників, таких як тепловиділення в електродному просторі при здійсненні процесу очищення рицинової олії в електричному полі високої напруги багатоелектродних систем.

*Основна частина.* Питомий опір суспензії «вода в рициновій олії», в залежності від вмісту води, може знаходитись в межах  $1 \cdot 10^7$  до  $1 \cdot 10^{10}$  Ом/м. Через величину питомого опору суспензії «вода в рициновій олії» змінюються енергетичні показники, такі як тепловиділення вздовж електродів, відповідно до закону Джоуля – Ленца та сила струму, яка проходить через електроди. Значення сили струму, в залежності від температури рідини, питомого опору та напруги на електродах було експериментально досліджено в роботі [3] та було в межах від  $1 \cdot 10^{10}$  (при 0 % вмісту води) до  $0,5 \cdot 10^7$  (при вмісту води 2 %). При цьому, значення напруги на електродах було 4 кВ.

Значення тепловиділення в міжелектродному просторі було визначено за допомогою комп'ютерного моделювання «ELCUT» при заданих значеннях геометричних параметрів електродної системи, таких як довжина, діаметр та кількість електродів, значеннях потенціалу між електродами та значенням питомого опору дослідної рідини. Ці заданні значення були аналогічні зі значеннями, отриманими в ході експериментального дослідження [3]. Значення потенціалу електродної системи було задано на рівні 4 кВ, що відповідає значенню потенціалу в роботі [3].

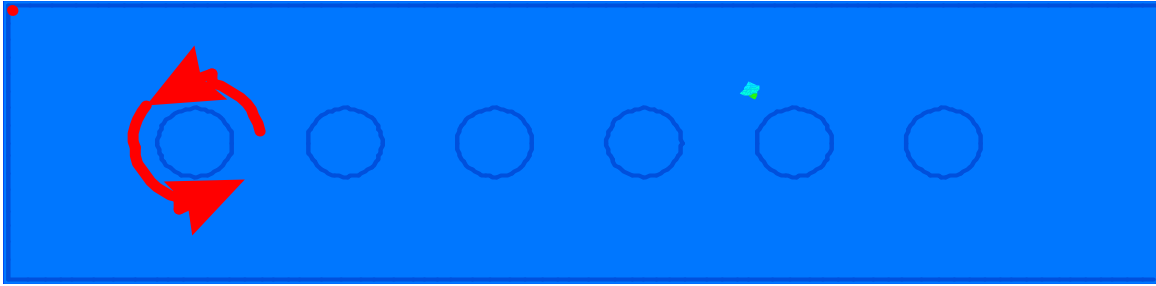


Рисунок 1. Дослідження тепловиділення навколо електрода

Результати дослідження занесено до таблиці 1.

Таблиця 1.

Результати дослідження тепловиділення в рициновій олії навколо електрода, Вт/м.

$\rho = 1 \cdot 10^8$ Ом/м (1)	$\rho = 1 \cdot 10^7$ Ом/м (2)	$\rho = 0,5 \cdot 10^7$ Ом/м (3)
2,3	22,9	49,7

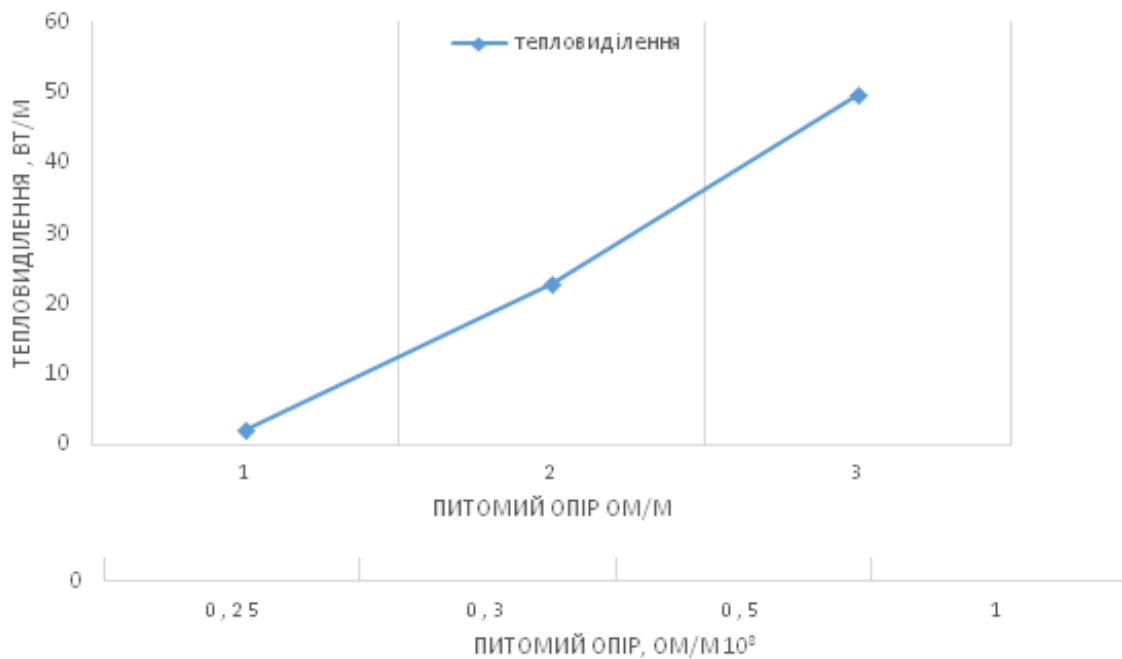


Рисунок 2. Графік тепловиділення в рициновій олії в залежності від питомого опору рідини



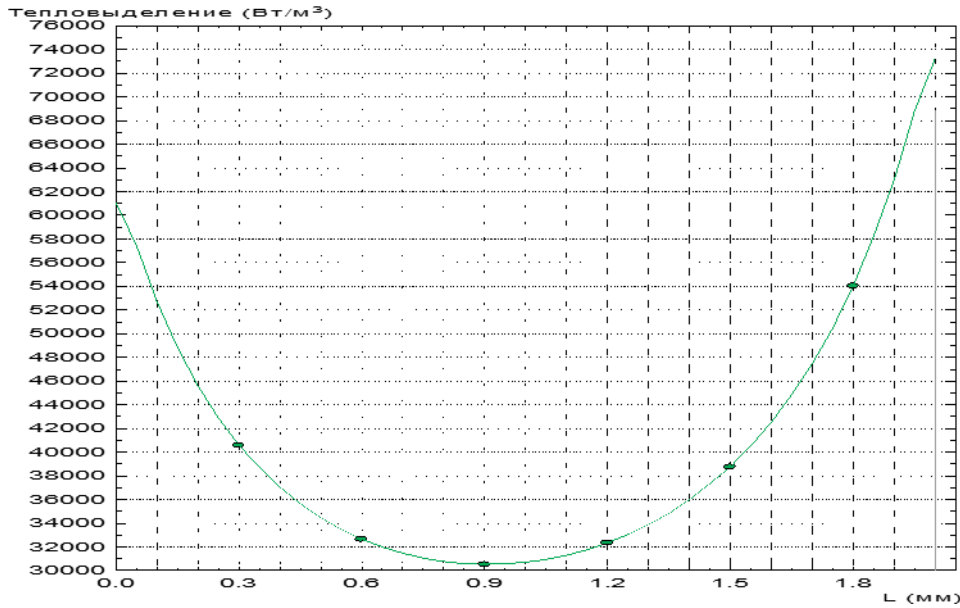


Рисунок 3. Графік тепловиділення між електродами при значенні питомого опору емульсії «вода в рициновій олії»  $1 \cdot 10^8$  Ом/м

Аналогічно були змодельовані графіки тепловиділення в електродному просторі зі значенням питомого опору  $0,5 \cdot 10^8$  та  $1 \cdot 10^7$  Ом/м. Визначено, що кількість тепловиділення збільшується пропорційно зменшенню питомого опору.

Силу струму електродного простора було визначено за формулою:

$$I = I_{ел} \cdot \frac{n_{ел}}{2} \cdot L \quad (5)$$

Де  $n_{ел}$  – загальна кількість електродів;

$I_{ел}$  – струм між двома електродами, визначений за допомогою комп’ютерного моделювання процесу, А;

$L$  – довжина одного електроду, м.

Визначення сили струму, який проходить через рицинову олію зі значенням питомого опору 2,6; 1,25; 0,8;  $0,7 \cdot 10^7$  – що відповідає 2 % вмісту води в рициновій олії та зі значенням питомого опору 1; 0,5; 0,3;  $0,25 \cdot 10^8$  - що відповідає 1,5 % вмісту води [3]. Результати дослідження занесено до табл. 2, 3.

Таблиця 2.

Результати дослідження тепловиділення в рициновій олії 2 % вмістом води

Питомий опір, Ом/м $10^7$	Вимірні значення, мкА	Розраховані значення за допомогою «ELCUT», мкА	Величина тепловиділення Вт/м
0,69	580	420	1221
0,8	500	340	1053
1,25	320	180	674
2,6	150	90	324

Таблиця 3.

Результати дослідження тепловиділення в рициновій олії 1,5 % вмістом води

Питомий опір, Ом/м 10 <sup>8</sup>	Вимірні значення, мкА	Розраховані значення за допомогою «ELCUT», мкА	Величина тепловиділення Вт/м
0,25	150	80	320
0,3	130	60	250
0,5	90	40	162
1	50	20	84

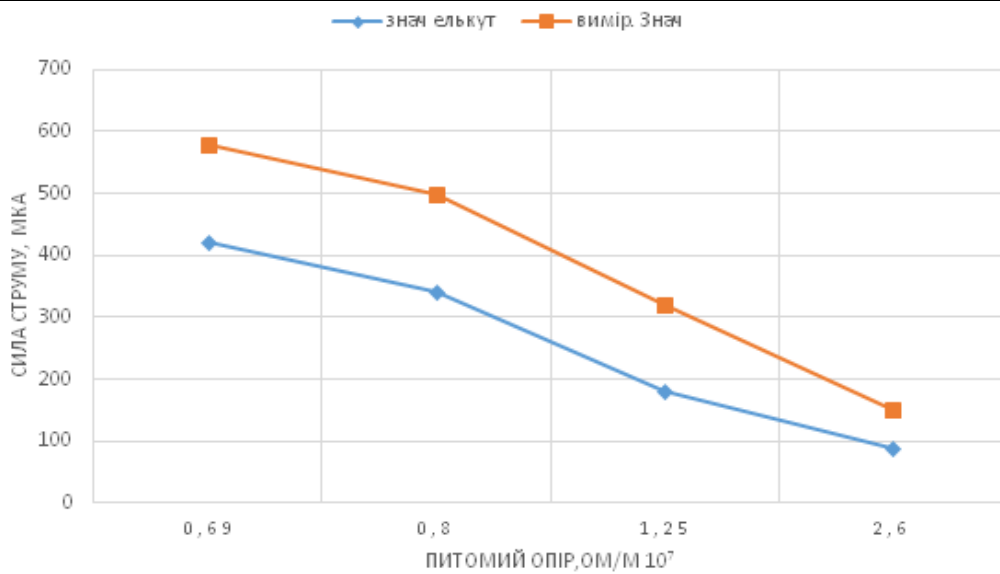


Рисунок 4. Графічні залежності питомого опору від струму в рициновій олії з 2 % вмістом води

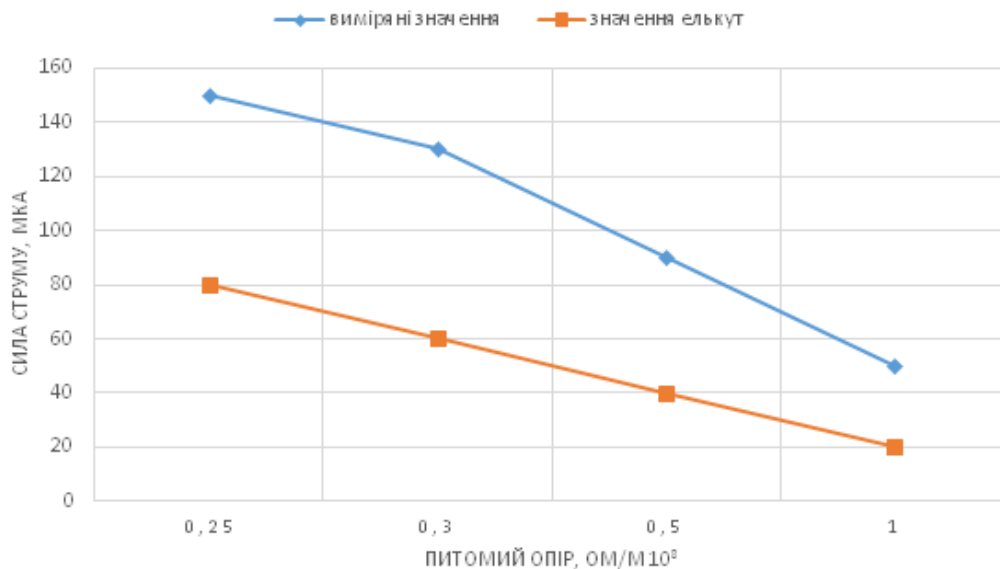


Рисунок 5. Графічні залежності питомого опору від струму в рициновій олії з 1,5 % вмістом води



### Висновки.

1. У ході роботи було досліджено енергетичні показники, такі як тепловиділення в міжелектродному просторі багатоелектродних систем, які використовуються при очищенні рицинової олії в електричному полі при значеннях питомого опору рицинової олії  $1 \cdot 10^8$  Ом/м,  $1 \cdot 10^7$  Ом/м та  $0,5 \cdot 10^7$  Ом/м, та визначено що кількість тепловиділення збільшується пропорційно зменшенню питомого опору рідини.

2. Було порівняно результати досліджень, проведених за допомогою комп'ютерного моделювання «ELCUT» значень струму, який протікає через електроди, з результатами досліджень [3] для рицинової олії з питомим опором, що відповідає 2 % та 1,5% вмісту води.

### Список використаних джерел

1. Назаренко І. П. Електротехнологічний комплекс очищення та сепарації слабопровідних суспензій в електричному полі: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.09.03 / НУБіП. Київ, 2015. 39 с.

2. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники: учебник. Москва: Высшая школа, 1973. 752 с.

Elektrikal properties of emulsion «water in costor oil» / I. Nazarenko, O. Didenko, O. Loboda, R. Kushlyk, L. Chervinskiy. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 4, № 6 (106). P. 38-44. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210312.

4. 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, № 2. P. 463–476. DOI: 10.1016/j.jcis.2007.10.022.

5. Thaokar R. Dielectrophoresis and deformation of a liquid drop in a non-uniform axisymmetric AC electric field. *European Physical Journal E*. 2012. Vol. 35, № 8. P. 1–15. DOI: 10.1140/epje/i2012-12076-y.

6. Tarantsev K. V. Study of Electrohydrodynamic Flows at a Liquid-liquid Phase Interface. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2010. Vol. 46 (1–2). P. 64–68. DOI: 10.1007/s10556-010-9292-y.

7. Моделювання процесу очищення пресової касторової олії методом флоатації / В. В. Дідур, В. А. Дідур, І. П. Назаренко, О. П. Назарова, О. В. Діденко. *Machinery & Energetics*. 2018, Vol. 9, № 3. С. 91–96. DOI: 10.31548/me2018.03.091.

8. Стишков Ю. К., Чирков В. А., Ситников А. А. Динамические вольт-амперные характеристики слабопроводящих жидкостей в сильнонеоднородных электрических полях. *Электронная обработка материалов*. Кишинев, 2014. Т. 50, № 2. С. 35–40.

9. Берил И. И., Болога М.К. Температурная зависимость электропроводности слабопроводящих органических жидкостей.



*Электронная обработка материалов*. Кишинев, 2010. Т. 46, № 3. С. 43–44.

10. Boltianska N. I., Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. №1(19). pp. 7–12.

11. Исследование реологических и электрических свойств обратных эмульсий, стабилизированных термолитным дефекатом тд 600 / Г. И. Тарасова и др. *Вестник Казанского технологического университета*. 2015. Т. 18, № 6. С. 90–93.

12. Назаренко І. П., Діденко О. В., Лобода О. І., Дубініна С. В. Вплив температури та вологи на електрофізичні властивості рицинової олії. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 10, т. 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-28.

13. ГОСТ 6581-75. Материалы электроизоляционные жидкие. Методы электрических испытаний. [Введ. 1977-01-01]. Москва: Изд-во стандартов, 2008. 16 с.

14. Поплавко Ю. М. Фізика діелектриків: підручник / за ред. Ю. І. Якименка. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 572 с.

15. Эфендиев О. Ф. Электроочистка жидкости в пищевой промышленности. Москва: Пищевая промышленность, 1977. 149 с.

16. Таблицы физических величин: справочник / под ред. И. К. Кикоина. Москва: Атомиздат, 1976. 1008 с.

17. Особенности образования структур в эмульсиях обратного типа под действием переменных электрических полей / Н. К. Назаров [и др.]. *Известия Академии наук Казахской ССР*. 1989. № 2. С. 32–37.

18. Влияние некоторых факторов на эксплуатационные свойства трансформаторного масла / А. В. Коваль и др. *Проблемы энергетики*. 2005. № 1-2. С. 100-104.

Стаття надійшла до редакції 17.02.2021р.

**O. Didenko**

**Dmytro Motornyi Tauria state agrotechnological university**

### **STUDY OF HEAT RELEASE IN CASTOR OIL WITH DIFFERENT RESISTANCE UNDER THE ACTION OF AN ELECTRIC FIELD**

#### **Summary**

The work is devoted to the problem that arises in the process of processing castor oil, namely, the calculation of the amount of heat that is released in the electrode space of the electrode system. In technologies for the purification of dielectric liquids in a high-voltage electric field, the principle of action is the effect of an electric field on impurities, which, under the action of field forces, move to the surface of the liquid. The paper presents the results of the study of the electrical properties of the emulsion "water in castor



oil" are presented, which allow to substantiate the technology of purification of castor oil from vegetable impurities and water in an electric field. One of the conditions for the stable course of the cleaning process is the heating of the liquid. For the development of an electric field, there are many methods. The electrical conductivity of the electric field of the plane-parallel plates can be secured according to the geometrical parameters (even and the width of the plates and the thickness of the plates) in case of unchecked edge effects, as the dimensions of the plates move into them.

Calculation of heat release in the electrode system of cylindrical electrodes is presented using computer simulation "ELCUT". The results of the study of energy indicators, such as heat release in the interelectrode space of a multi-electrode system, which is used when refining castor oil in an electric field at values of the specific resistance of castor oil  $1 \cdot 10^8$  Ohm / m,  $1 \cdot 10^7$  Ohm / m and  $0,5 \cdot 10^7$  Ohm / m. The obtained indicators of the heat release process were compared with the results of experimental studies.

**Key words:** heat release, castor oil, electrophysical properties, resistivity, water, plant impurities, temperature, heat release

**А.В. Диденко**

**Таврический государственный агротехнологический университет  
имени Дмитрия Моторного**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЯ В КАСТОРОВОМ МАСЛЕ С РАЗЛИЧНЫМ УДЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ**

#### **Аннотация**

Работа посвящена проблеме, которая возникает при процессе очистки касторового масла в электрическом поле, а именно определения количества тепла, которое выделяется в электродном пространстве.

С помощью компьютерного моделирования «ELCUT» представлены результаты исследования энергетических показателей, таких как тепловыделение в междуэлектродном пространстве многоэлектродной системы, которая используется при очистке касторового масла в электрическом поле при значениях удельного сопротивления касторового масла  $1 \cdot 10^8$  Ом/м,  $1 \cdot 10^7$  Ом/м и  $0,5 \cdot 10^7$  Ом/м.

Полученные показатели процесса тепловыделения были сравнены с результатами экспериментальных исследований.

**Ключевые слова:** тепловыделение, касторовое масло, электрофизические свойства, удельное сопротивление, вода, растительные примеси, температура.



УДК 621.175: 621.57

М. І. Стручаєв, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-8891-4960

М. В. Нікульча, бакалавр

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

E-mail: mykola.struchaiev@tsatu.edu.ua, тел: +38(098)-987-89-01

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АБСОРБЦІЙНОГО ПРИБОРУ НАКОПИЧЕННЯ ВОЛОГИ

**Анотація.** Стаття присвячена підвищенню ефективності і стабільності накопичення вологи з атмосферного повітря, шляхом визначення оптимальної кількості конденсації води, при використанні абсорбційного пристрою. Для забезпечення рівномірного накопичення вологи і відповідного дозування витрати води запропоновано використання абсорбційного пристрою накопичення вологи. Запропонована методика розрахунку визначення оптимальної кількості конденсації води з атмосферного повітря і схема установки, яка може бути використана при проектуванні і підборі обладнання. Отримано залежності добової продуктивності абсорбційного пристрою накопичення вологи від температури і відносної вологості атмосферного повітря.

**Ключові слова:** ефективність, абсорбційний пристрій, накопичення вологи, вологовміст атмосферного повітря, вентилятор, охолоджувач-конденсатор, водозбірник, абсорбційна холодильна машина.

**Постановка проблеми.** На думку експертів ООН, в XXI столітті вода стане більш важливим стратегічним ресурсом, ніж нафта і газ, оскільки тонна чистої води в деяких країнах вже зараз дорожче за нафту [1-3]. Основними джерелами прісної води є води річок, озер, артезіанських свердловин, яких вкрай недостатньо. В умовах економії енергоресурсів і підвищення екологічної безпеки, вимоги до процесу забезпечення питною водою і водою для зрошення зростають і його вдосконалення в даний час є досить актуальною проблемою [4,5].

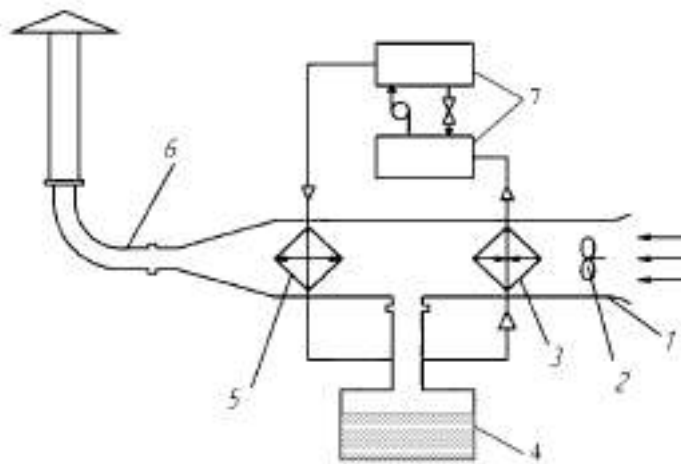
**Аналіз останніх досліджень.** В останні роки у всьому світі ведуть пошук альтернативних поверхневим і підземним джерелам прісної води, придатних для населення і сільського господарства. У деяких близькосхідних державах до 80 % води вже сьогодні отримують шляхом опріснення [6-8]. Іншим перспективним шляхом є конденсація



води з атмосферного повітря [9,10]. Існують різні способи конденсації і накопичення вологи з атмосферного повітря [11-13]. Дуже перспективними є способи конденсації води при мінімальному споживанні електроенергії [14].

*Формулювання мети статті.* Метою дослідження є встановлення можливості підвищення ефективності і стабільності накопичення вологи з атмосферного повітря, шляхом визначення оптимальної кількості конденсації води, при використанні абсорбційного пристрою.

*Основна частина.* Поставлена задача вирішується тим, що абсорбційний пристрій накопичення вологи містить підвідний канал 1, вентилятор 2 та охолоджувач-конденсатор 3 виконаний у вигляді випарника абсорбційної холодильної машини 7, які розміщено в потоці повітря підвідного каналу 1, водозбірник 4, повітря-підігрівач 5 встановлений у відвідному каналі 6 та виконаний у вигляді конденсатора абсорбційної холодильної машини 7, водозбірник 4 розташований під патрубком (не позначено) відведення конденсату з підвідного каналу 1. Технічна суть та принцип дії абсорбційного пристрою накопичення вологи, який пропонується, пояснюється кресленням (рис. 1), де представлено схематичне зображення його.



1 – підвідний канал; 2 – вентилятор; 3 – охолоджувач-конденсатор, виконаний у вигляді випарника абсорбційної холодильної машини, який розміщено в потоці повітря підвідного каналу; 4 – водозбірник; 5 – повітря-підігрівач, встановлений у відвідному каналі та виконаний у вигляді конденсатора абсорбційної холодильної машини; 6 – відвідний канал; 7 – абсорбційна холодильна машина.

Рисунок 1. Схема абсорбційного пристрою накопичення вологи

Абсорбційний пристрій накопичення вологи працює таким чином. Повітря в підвідному каналі 1 під дією вентилятора 2 рухається через



охолоджувач-конденсатор 3, виконаний у вигляді випарника абсорбційної холодильної машини 7. Зниження температури нижче точки роси на охолоджувачі-конденсаторі 3 дозволяє забезпечити збільшення кількості сконденсованої вологи [15], яка випадає у вигляді конденсату водяних парів і відводиться у водозбірник 4 розташований під патрубком (не позначено) відведення конденсату з підвідного каналу 1. Повітря, з якого видалено частину вологи потрапляє до повітря-підігрівача 5 встановленого у відвідному каналі 6 та виконаного у вигляді конденсатора абсорбційної холодильної машини 7. Повітря підігрівається, щільність нагрітого повітря зменшується і воно відводиться через відвідний канал 6 до навколишнього середовища, що дозволяє підвищити надійність циркуляції повітря.

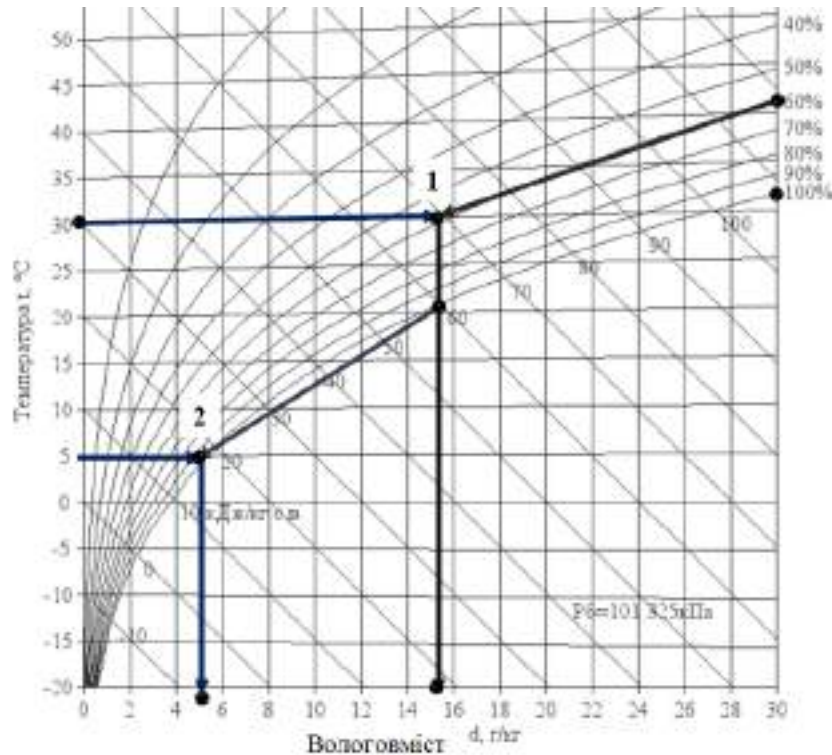
Для вирішення цієї задачі треба розробити методику розрахунку визначення оптимальної кількості конденсації води з атмосферного повітря і схему установки накопичення вологи, яка може бути використана при проектуванні і підборі обладнання.

Методика дослідження заснована на модифікованому методі вивчення процесу конденсації води з атмосферного повітря.

Середня абсолютна вологість атмосферного повітря складає  $11 \text{ г/м}^3$ , при цьому деяка кількість води природнім шляхом випадає у вигляді роси. Для визначення кількості води, яка видалається з повітря, використовуваного для зрошення в охолоджувачі-конденсаторі атмосферної вологи шляхом використання енергоефективного абсорбційного пристрою накопичення вологи необхідно задатися наступними умовами: для зрошення використовуємо атмосферне повітря при початковій температурі  $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$  і вологості  $\varphi_1 = 60 \%$ .

На  $H - d$  - діаграмі знаходимо точку «1» на перетині ліній  $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$  і  $\varphi_1 = 60\%$  і для неї визначаємо вологовміст (вміст води в кубометрі повітря). Вологовміст атмосферного повітря до початку конденсації вологи  $d_1$  дорівнює  $15,12 \text{ гр/кг}$  (грамів на кг повітря).

З точки «1» проводимо лінію  $d_1 = \text{const}$  до перетину з лінією  $\varphi = 100\%$ . Це буде точка роси  $1'$  (яка дорівнює  $21,38 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Від точки  $1'$  по лінії  $\varphi = 100\%$  опускаємося до перетину з ізотермою  $t_2 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$  і отримуємо точку «2». Точка перетину «2» характеризує стан повітря на виході з охолоджувача-конденсатора атмосферної вологи, який виконано у вигляді випарника абсорбційної холодильної машини, повітря охолоджується нижче точки роси до температури  $t_2 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ , вологість його підвищується до  $\varphi_2 = 100\%$ . Подальший розрахунок виконуємо за допомогою  $H - d$  діаграми вологого повітря (рис. 2).



1 – параметри повітря на вході в підвідний канал; 2 – параметри повітря на виході з охолоджувача-конденсатора.

Рисунок 2. Схема розрахунку процесу конденсації вологи з атмосферного повітря за допомогою H - d діаграми Рамзина

Вологовміст при охолодженні до  $t_2 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$  в точці «2»  $d_2$  дорівнює 5,04 гр/кг (грамів на кг повітря).

Знаходимо кількість води, яка видаляється з повітря, використовуваного для зрошення в охолоджувачі-конденсаторі атмосферної вологи шляхом використання енергоефективного абсорбційного пристрою накопичення вологи.

$$\Delta d = d_1 - d_2 = 15,12 - 5,04 = 10,08 \text{ гр/кг}, \quad (1)$$

де  $\Delta d$  - кількість води, яка видаляється з 1 кілограму повітря при охолодженні, гр/кг,

$d_1$  - вологовміст атмосферного повітря до початку конденсації вологи, гр/кг,

$d_2$  - вологовміст атмосферного повітря при температурі  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ , гр/кг.

Визначаємо щільність атмосферного повітря на вході до вентилятора при початковій температурі  $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$  і вологості  $\phi_1 = 60 \text{ } \%$ :



$$\rho = 0,0473 \cdot \frac{B}{T} = 0,0473 * (752/303) = 1,1174 \text{ кг/м}^3, \quad (2)$$

де  $\rho$  - щільність атмосферного повітря, кг/м<sup>3</sup>,  
 $B$  - барометричний тиск, мм рт. ст.,  
 $T$  - температура повітря за шкалою Кельвіна.

Визначаємо об'єм який займає 1кг атмосферного повітря на вході до вентилятора

$$V = \frac{m}{\rho} = 1/1,1174 = 0,89 \text{ м}^3, \quad (3)$$

де  $V$  - об'єм 1кг атмосферного повітря на вході до вентилятора, м<sup>3</sup>,  
 $m$  - маса атмосферного повітря, кг.

Визначаємо подачу вентиляторів, які використано на даному абсорбційному пристрої накопичення вологи. Характеристики вентилятора «Турбовент Сигма 500»: потужність електродвигуна  $P = 0,55$  кВт, споживана потужність  $P_{\text{вент}} = 0,38$  кВт, подача вентилятора  $Q_{\text{вент}} = 6420$  м<sup>3</sup>/год.

На даній установці встановлено два вентилятора, їх спільна подача буде: 12840 м<sup>3</sup>/год.

Знаходимо  $m_n$  - масу повітря, яке подається двома вентиляторами за годину:

$$m_n = Q_2 \cdot \rho = 12840 * 0,89 = 11427,6 \text{ кг/год.} \quad (4)$$

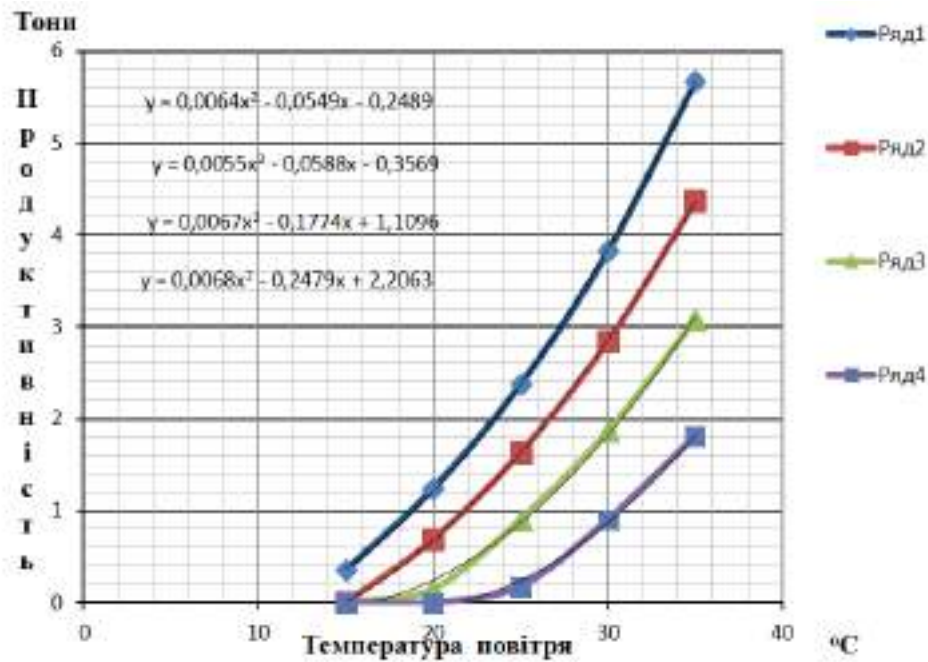
Знаходимо продуктивність установки, тобто масу конденсату води ( $m_{\text{к.в.}}$ ), сконденсованої абсорбційному пристрої накопичення вологи за годину.

$$m_{\text{к.в.}} = Q \cdot \rho \cdot \Delta d = 12840 * 1,1174 * 10,08 = 0,145 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (5)$$

Знаходимо добову продуктивність установки, тобто масу конденсату води ( $m_{\text{к.в.д.}}$ ), сконденсованої абсорбційному пристрої накопичення вологи за добу.

$$m_{\text{к.в.д.}} = m_{\text{к.в.}} \cdot 24 = 0,145 * 24 = 3,48 = 3,5 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Виконаємо аналогічні розрахунки для інших погодних умов, а саме для відносної вологості 30%, 40%, 50%, 60% при літніх температурах характерних для півдня України: 15 °С, 20 °С, 25 °С, 30 °С, 35 °С. Результати розрахунку представлені у графічній формі (рис. 3).



1 - відносна вологість повітря 60%, 2 - відносна вологість 50%, 3 - відносна вологість 40%, 4 - відносна вологість 30%.

Рисунок 3. Залежність добової продуктивності абсорбційного пристрою накопичення вологи від температури і відносної вологості атмосферного повітря

Отримані залежності мають вигляд поліноміальної функції типу:

$$Q_{д.пр.} = 0,064 \cdot t^2 - 0,0549 \cdot t - 0,2489 \tag{5}$$

де  $Q_{д.пр.}$  – добова продуктивності абсорбційного пристрою накопичення вологи, тони/доба;

$t$  - температура атмосферного повітря, °C.

З рисунка видно, що максимальна продуктивність пристрою до 6 тон сконденсованої води на добу (5,669 тон/доба).

Визначаємо витрати електроенергії на виробництво даної кількості води. Запропонована установка абсорбційна, яка для охолодження повітря не споживає електричну енергію а споживає енергію від сонячних колекторів. Електроенергія витрачається тільки на привід двох вентиляторів. Споживана потужність кожного електродвигуна складає:  $P = 0,55$  кВт. Нелектр =  $0,55 \cdot 2 = 1,10$  кВт.

Визначаємо вартість води, отриманої в установці. На отримання  $0,145 \text{ м}^3$  води необхідно затратити  $1,1$  кВт в годину. При тарифі  $T_{ел} = 1,68$  грн за  $1$  кВт вартість отриманої води буде складати:

$$CP_{уст} = \frac{N_{ел} \cdot T_{ел}}{m_{к.в.}} = (1,10 \cdot 1,68) / 0,145 = 12,74 \text{ грн/ м}^3, \tag{5}$$

де  $CP_{уст}$  – вартість води, отриманої в установці, грн/  $\text{м}^3$ ,



$T_{ел}$  - тариф на електроенергію за кВт / год, грн.,  
 $m_{к.в.}$  - продуктивність установки, тобто маса конденсату води, сконденсованої в пристрої за годину, тон/год.

Порівнюємо вартість води, яку отримали в установці з вартістю води підземного видобутку

$$\frac{CP_{н.в.}}{CP_{уст}} = 15,48 / 12,74 = 1,22, \quad (6)$$

де  $CP_{н.в.}$  – вартість води підземного видобутку, грн/ м<sup>3</sup>.

Це в 1,22 рази менше.

*Висновки.* Встановлено можливість підвищення ефективності і стабільності накопичення вологи з атмосферного повітря, шляхом визначення оптимальної кількості конденсації води, при використанні абсорбційного пристрою. Запропоновано методику розрахунку і парадигму визначення оптимальної кількості конденсації води з атмосферного повітря. Запропоновано схему абсорбційної установки накопичення вологи, яка може бути використана при проектуванні і підборі обладнання.

#### Список використаних джерел

1. Семёнов И. Е. Проблема нехватки пресной воды и пути её решения. *СОК*. 2015. №12. . С 51 – 62.
2. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. Pp. 478-480.
4. Serebryakova N., Podashevskaya H. Use of three-dimensional computer visualization in the study of nanostructures. Минск: БГАТУ, 2020. С. 517-519.
5. Komar A. S. Fertilization of poultry manure by granulation. *Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production*. 2019. Pp. 18–20
6. Skliar R. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Bilbao. 2020. Pp. 431-433.
7. Manita I., Komar A. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*, 2021. pp. 33-39
8. Sklar R. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education*. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. Rome, 2021. Pp. 171-176.





9. Podashevskaya N., Manita I., Boltianska N.I. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. *Інженерія природокористування*. 2020. №2(16). С. 33–37.

10. Semenov I. E. Autonomous installation for condensation of fresh water from atmospheric air. *Okologiche, technologiche und rechtliche Aspekte der Lebensversorgung: Das int. Simposium*. Hannover, 2012. P. 23-38.

11. Ищенко И. М. Аналитический обзор методов получения воды из атмосферного воздуха. *Харчова наука і технологія*. 2011. № 4. С. 69-73.

12. Кулик Н. Ф. О возможности конденсации атмосферной парообразной влаги в почве. *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2016. № 83. С. 41-52.

13. Трикоз В. М., Галавура М. О., Постол Ю. О. Енергоефективність та енергозбереження. *Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії*: зб. матеріалів І Всеукр. Інтернет-конференції. 2020. С. 63-65.

14. Стручаєв М. І., Постол Ю. О. Аналіз термодинамічних процесів у потоці повітря. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка. Сер. Проблеми енергозабезпечення в АПК України*. 2017. № 187. С. 28-29.

15. Ялпачик В. Ф., Стручаєв М. І., Верхоланцева В. О. Планування експериментальних досліджень процесу охолодження зерна. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2015. Вип. 15, т. 1. С. 3-8.

Стаття надійшла до редакції 23.04.2021р.

**M. Struchaiev, M. Nikulcha**

**Taurian State Agrotechnological University Name of Dmitry Motorny**

### **IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE ABSORPTION DEVICE OF MOISTURE ACCUMULATION**

#### *Summary*

To ensure uniform accumulation of moisture and appropriate dosing of water flow, it is proposed to use an absorption device for accumulation of moisture. The method of calculation of definition of optimum quantity of condensation of water from atmospheric air and the scheme of installation which can be used at designing and selection of the equipment is offered. The problem is solved by the fact that the absorption device of moisture accumulation contains a supply channel, a fan and a condenser cooler made in the form of an evaporator of the absorption refrigeration machine, which are placed in the air flow of the supply channel, a water collector, air heater installed in the exhaust refrigeration machine, the reservoir is located under the pipe of condensate from the supply channel. The air in the supply channel under the action of the fan moves through



the condenser cooler, made in the form of an evaporator of the absorption refrigeration machine. Lowering the temperature below the dew point on the condenser cooler increases the amount of moisture that falls out in the form of condensation and is discharged into the tank. The air from which part of the moisture is removed enters the air heater installed in the exhaust duct and made in the form of a condenser of the absorption refrigeration machine. The air is heated, the density of heated air decreases and it is discharged through the exhaust duct to the environment, which increases the reliability of air circulation. The maximum capacity of the device is up to 6 tons of condensed water per day. The dependences of the daily productivity of the absorption device of moisture accumulation on the temperature and relative humidity of atmospheric air, which have the form of a polynomial function.

**Key words:** efficiency of absorption storage device, fan, condenser cooler, water reservoir, absorption refrigeration machine.

**М. И. Стручаев, М. В. Никульча**

**Таврический государственный агротехнологический университет  
имени Дмитрия Моторного**

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФЕКТИВНОСТИ АБСОРБЦИОННОГО УСТРОЙСТВА НАКОПЛЕНИЯ ВЛАГИ**

### *Аннотация*

Статья посвящена повышению эффективности и стабильности накопление влаги из атмосферного воздуха. Для обеспечения равномерного накопления влаги и соответствующего дозирования расхода воды предложено использование абсорбционного устройства накопления влаги. Предложена методика расчета определения оптимального количества конденсации воды из атмосферного воздуха и схема установки, которая может быть использована при проектировании и подборе оборудования. Получены зависимости суточной производительности абсорбционного устройства накопления влаги от температуры и относительной влажности атмосферного воздуха.

**Ключевые слова:** эффективность, абсорбционный устройство, накопления влаги, влагосодержание атмосферного воздуха, вентилятор, охладитель-конденсатор, водосборник, абсорбционная холодильная машина.

Електронне наукове фахове видання

**Науковий вісник**  
Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 11, 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 20 травня 2021 р. друк. Rizo.  
Друкарня ТДАТУ  
27,2 умов. друк. арк.