



ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА  
АВТОМАТИКИ  
АГРОПРОМИСЛОВОГО  
ВИРОБНИЦТВА НААН  
України



НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
України



ІНСТИТУТ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА  
ПРИРОДНИЧИХ НАУК  
НАЦІОНАЛЬНОГО  
ДОСЛІДНИЦЬКОГО ІНСТИТУТУ  
(Польща)

**МАТЕРІАЛИ**  
**XIV-ї Науково-технічної конференції**  
**«Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»**

**01-17 жовтня 2025 року**

Глеваха - Київ  
2025

УДК 631.171

Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: XIV Міжнародна науково-технічна конференція, смт Глеваха Київської області – м. Київ, Україна, 1-17 жовтня 2025 року: матеріали конференції. Глеваха-Київ. 2025. - 204 с.

В матеріалах конференції коротко викладені основні результати теоретичних та експериментальних досліджень з пріоритетних напрямків розвитку тваринництва та кормовиробництва. Наведені дані про ефективність результатів наукових досліджень та їх виробничої перевірки.

Матеріали розраховані на науковців та здобувачів наукового ступеня.

**Організаційний комітет конференції:** *Адамчук В.В.*, д.т.н., проф., академік НААН, директор Інституту механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН України (голова оргкомітету); *Братишко В.В.*, д.т.н., проф., декан механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України (співголова оргкомітету); *Штробель В.Р.*, доктор наук, директор Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща, (співголова оргкомітету); *Собчук Генрик*, професор, голова вченої ради Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща, (співголова оргкомітету); *Viacheslav Adamchuk*, д.т.н., професор і завідувач кафедри інженерії біоресурсів в Університеті McGill, Канада, (співголова оргкомітету); *Simone Pascuzzi*, д.т.н., професор кафедри агроекологічних та територіальних наук Університету Варі, Італія, (співголова оргкомітету); *Hristo Beloev*, д.т.н., професор Русенського університету, Болгарія, (співголова оргкомітету); *Maroš Korenko*, д.т.н., професор Словацького університету сільського господарства в Нітрі, Словачія, (співголова оргкомітету); *Jüri Olt*, д.т.н., професор агротехніки Естонського університету наук про життя, Естонія, (співголова оргкомітету); *Ребенко В.І.*, к.т.н., доц., доцент кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України (секретар оргкомітету); *Кузьменко В.Ф.*, к.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник відділу механіки та автоматики біотехнічних систем у тваринництві ІМА АПВ НААН; *Хмельовський В.С.*, д.т.н., проф., завідувач кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Ткач В.В.*, к.т.н., с.н.с. завідувач відділу механіки та автоматики біотехнічних систем у тваринництві ІМА АПВ НААН; *Фененко А.І.*, д.т.н., проф., головний науковий співробітник ІМААПВ; *Голуб Г.А.*, д.т.н., проф., професор кафедри тракторів, автомобілів та біоенергосистем НУБіП України; *Собчук Генрик*, професор, голова вченої ради Інституту технологічних та природничих наук Національного дослідницького інституту, Польща; *Ревенко І.І.*, д.т.н., проф., професор кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Роговський І.Л.*, д.т.н., проф., завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка; *Заболотько О.О.*, к.т.н., доц., доцент кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України; *Сівак І.М.*, к.т.н., доц., доцент кафедри сільськогосподарських машин і системотехніки ім. П.М. Василенка НУБіП України; *Тітова Л.Л.*, к.т.н., доц., доцент кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка НУБіП України.

*Рекомендовано до видання:*

вченою радою ІМААПВ НААН України (протокол № 5 від «21» листопада 2025 р.);  
вченою радою механіко-технологічного факультету НУБіП України  
(протокол № 4 від «20» листопада 2025 року)

*Адреси для листування:*

08631, Київська обл., Васильківський р-н, смт. Глеваха, вул. Вокзальна, 11  
03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12, к. 11

*E-mail:* ima.apv.naan@gmail.com, mtf11k@ukr.net, info@animal-conf.inf.ua

*Сайт конференції:* <http://animal-conf.inf.ua>

© ІМА АПВ НААН України, 2025

© НУБіП України, 2025

## ЗМІСТ

<b>Bratishko V.V., Khmelovskyi V.S., Achkevych O.M.</b> Main trends in the valorisation of sewage sludge in Ukraine and the EU .....	9
<b>Алієв Е.Б.,</b> Фізико-математичний апарат симуляції механіко-технологічних процесів кормовиробництва методом дискретних елементів....	11
<b>Білецький В.Р., Булич Р.П., Шевчук О.А.</b> Огляд пристроїв для поливу печериць в тепличних умовах.....	17
<b>Болтянський Б.В., Болтянський О.Б.</b> Застосування мобільних додатків для оптимізації годівлі тварин .....	21
<b>Болтянський Б.В., Болтянський О.Б., Сиротюк С.В., Коробка С.В.</b> Переваги використання телекомунікаційних мереж у тваринництві .....	23
<b>Борак К.В., Куликівський В.Л., Кушим Р.В., Бистрицький Б.П.</b> Особливості абразивного зношування робочих органів ґрунтообробних машин .....	26
<b>Бучковська В.І., Євстафієва Ю.М.</b> Штучний інтелект в організації годівлі сільськогосподарських тварин.....	30
<b>Голобокий М., Марчишина Є.</b> Безпека праці під час навантажування, транспортування та роздавання кормів .....	32
<b>Голуб Г.А., Яременко О.А.</b> Інженерна методика розрахунку параметрів процесу біогазового зброджування осаду рециркуляційних систем аквакультури....	35
<b>Гончаров В., Марчишина Є.</b> Основні вимоги безпеки праці під час приготування комбінованих кормів і кормосумішей.....	38

**Грабар І.Г., Чередник К.Ю.**

Результати експериментальних досліджень показників зерна після ультразвукової обробки.....40

**Грабар І.Г., Талько Я.Л.**

Умови утримання та проведення експериментів на рибній фермі43

**Грудовий Р.С., Брикуля В.А., Шевчук О.А.**

Огляд конструктивних рішень, що компенсують некероване відхилення руху трактора .....46

**Грудовий Р.С., Размахін Д.В., Сілецький Д.В., Груницький М.Р., Шевчук О.А.**

Опис конструкції та принципу роботи сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву .....48

**Дерев'яно Д.А., Бродовський Д.О., Білоусов О.В.**

Розрахункова схема динамічної коливальної системи мобільного енергетичного засобу .....50

**Дерев'яно Д.А., Кінерт В.В., Шевчук О.А.**

Способи механізованого розміщення насіння по посівній площі 54

**Дерев'яно Д.А., Нонік Д.М.**

Аналіз конструктивних особливостей і силової взаємодії насіння зернових культур із робочими органами аксіально-роторного молотильно-сепарувального пристрою диференційованого типу 56

**Добранський С.С., Бучко І.О., Шмалюк М.І.**

Сучасний стан та механізація підготовки нетелів до лактації....58

**Довбненко О.Ф.**

Оцінка енерговитрат на забезпечення мікроклімату тваринницьких приміщень із застосуванням систем очищення повітря.....61

**Єременко О.І., Майструк І.М.**

Аналіз сировинних ресурсів тваринництва для виробництва біогазу в Україні.....64

**Єременко О.І., Субота С.В.**

Дослідження брикетування соломистих матеріалів та зерновідходів ударно-механічним пресом.....68

<b>Єрмаков С.В., Кучер О.В., Корженівський О.А.</b> Біогаз із продуктів тваринництва як енергетичне рішення для малих і середніх ферм .....	72
<b>Журавель Д.П., Дідур В.В.</b> Обґрунтування технологічної схеми детоксикації рицинової макухи для потреб кормовиробництва.....	76
<b>Заболотько О.О., Гаврилюк Д.В.</b> Аналіз систем мікроклімату в корівнику .....	80
<b>Заболотько О.О., Потапова С.Є.</b> Вирішальний етап, монтаж доїльної установки в умовах фермерського господарства .....	83
<b>Ільченко А.В., Бочковський В.В. Хоменко С.М.</b> Обґрунтування перспективної конструктивно-технологічної схеми молоткової дробарки .....	87
<b>Ільченко А.В., Єсипенко П.Б., Шевчук О.А.</b> Конструктивно-технологічна схема преса для формування блоків субстрату для вирощування грибів.....	91
<b>Кернасюк Ю.В., Гайденко О.М.</b> Технології сталого роботизованого кормовиробництва і тваринництва .....	93
<b>Кіт А.А., Тімченко О.В., Каплінський В.В., Білушко В.В., Цап М.М., Романович М.М.</b> Мікробіологічний контроль впливу вентиляційних систем на якість харчових продуктів .....	96
<b>Кузьменко С.Ф., Субота С.В., Пономаренко О.В., Холодюк О.В., Онищенко Б.В.</b> Особливості навішування на раму ротаційних косарок брусів для скошування .....	99
<b>Куликівський В.Л.</b> Обґрунтування вибору конструктивно-технологічної схеми мобільного модульного змішувача-роздавача кормів.....	102

- Куликівський В.Л., Вакулін В.В.**  
Висаджувальні апарати машин для садіння пророщеної картоплі.....105
- Куликівський В.Л., Дармограй М.М., Кусковський О.П., Пархомчук М.П.**  
Аналіз конструкцій сівалок для просапних культур .....110
- Куликівський В.Л., Прищепа А.В.**  
Опис конструкції та принципу роботи мембранно-вакуумного преса.....117
- Куликівський В.Л., Якименко Р.М.**  
Аналіз установок для сортування яблук .....119
- Купчук І.М.**  
Аналітичний огляд вимог до структури раціону та фізико-механічних властивостей компонентів корму для ВРХ.....126
- Лавренюк П. П.**  
Чисельне моделювання процесу функціонування конвективної сушарки із вертикальним гвинтовим робочим органом .....130
- Лисенко Р.Д.**  
Перспективи оптимізації роботи двигуна із застосуванням багатокомпонентної паливної суміші в автотракторному дизельному двигуні .....133
- Марчишина Є.**  
Умови праці працівників кормоприготувальних цехів .....136
- Марчишина Є., Вибойчик Н.**  
Безпека працівників у кормовиробництві: проблеми та напрями вдосконалення .....138
- Мельник В.І., Лісецький В.О.**  
Моделі кругового управління ресурсами в аграрних кластерах: синергія тваринництва, кормовиробництва та роботизованої логістики. ....140
- Міненко С.В., Соловйов М.І. Шевчук О.А.**  
Конструкція гідроциклона-згущувача для зневоднення пивної дробини.....143

**Новицький А.В.**

Напрями забезпечення показників збереженості змішувачів-кормороздавачів ..... 145

**Остапенко О.В.**

Вплив конструктивних рішень вирізного механізму на енергоефективність і технологічні характеристики траншейних силосних сховищ ..... 148

**Поліщук В.М., Кудрявицька А.М.**

Перша домедична допомога при харчовому отруєнні молоком і молокопродуктами в індустрії гостинності ..... 152

**Пономаренко Р.Г.**

Аналіз процесу та механізмів змішування сипких кормів ..... 155

**Попик П.С., Мигулько С.М.**

Антикорозійний захист металоконструкцій тваринницьких ферм ..... 159

**Ребенко В.І.**

До питання моделювання технологічних процесів у скотарстві 162

**Ребенко В.І., Рапавий Н.**

Стрижка овець: інструменти, техніка та зберігання сировини 166

**Ружи́ло З.В., Новицький Ю.А.**

Технічне забезпечення ефективної роботи фільтрів повітряних систем кабін кормозбиральних машин ..... 168

**Руткевич В.С.**

Оцінка впливу конструктивних і режимних параметрів на продуктивність різака для силосної маси ..... 171

**Савченко В.М., Диняк О.В., Заруцький С.О.**

Двофазне сумішоутворення в дизелі як спосіб поліпшення техніко-енергетичних показників трактора ..... 176

**Сімаков О.**

Перспективи використання фракціонування листестеблової маси як база для тваринництва й енергетики ..... 178

**Скляр О.Г., Скляр Р.В.**

Нові підходи до виробництва гранульованих органо-  
мінеральних добрив на основі відходів тваринництва .....182

**Скляр О.Г., Скляр Р.В., Акулов В.Д.**

Застосування сучасних біоенергетичних технологій у сільському  
господарстві: від утилізації відходів до енергонезалежності ..185

**Тараненко В., Марчишина Є.**

Основні вимоги безпеки праці під час роздавання кормів .....188

**Ткач В.В.**

Результати апробації формувальних вставок для серійних  
доїльних апаратів .....193

**Холодюк О.В.**

Проблеми та перспективи використання безпілотних літальних  
апаратів у кормовиробництві в умовах воєнного стану.....196

**Яропуд В.М.**

Науково-технічні засади використання вертикальних ґрунтових  
теплообмінників у енергоефективних системах мікроклімату  
тваринницьких приміщень .....200

UDC 628.336.8:628.387

## MAIN TRENDS IN THE VALORISATION OF SEWAGE SLUDGE IN UKRAINE AND THE EU

**Bratishko V.V.**, Sc.D. Eng., vbratishko@nubip.edu.ua

**Khmelovskyi V.S.**, Sc.D. Eng., hmelvas@ukr.net

**Achkevych O.M.**, Ph.D. Eng., achkevych@nubip.edu.ua

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Wastewater sludge management is undergoing a fundamental paradigm shift in Europe. The period 2020-2025 is characterised by a transition from traditional disposal to high-tech resource management within the circular economy. The catalyst for this shift was the proven inadequacy of outdated directives, in particular EU Directive 86/278/EEC [1], to meet current requirements and challenges. This directive, which encouraged the agricultural use of sewage sludge as fertiliser or soil improver, proved incapable of regulating “new” hazardous pollutants such as microplastics and per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). As a result, there has been a crisis of confidence in the safety of sewage sludge, prompting leading EU countries to abandon the direct application of sludge to soil.

The driving force behind the new EU policy was the Circular Economy Action Plan and the recognition of phosphorus as a critical raw material for EU food security, which led to a number of national regulations on the mandatory recovery of phosphorus from sewage sludge.

Germany is the regulatory leader, effectively banning the agricultural use of sewage sludge for large treatment plants from 2029/2032 through its Sludge Regulation. Instead, mandatory phosphorus recovery is being introduced, which in practice means a transition to mono-incineration of sludge (for complete destruction of pollutants) and subsequent chemical extraction of phosphorus from ash.

These trends have led to changes in technological approaches to wastewater sludge management [1]. Composting is currently considered a path to pollution. It does not destroy microplastics and heavy metals, but rather concentrates them in the final product. Anaerobic digestion (biogas) remains a reliable method for achieving energy self-sufficiency in wastewater treatment plants, although it also does not solve the problem of pollutants in the final digestate.

One of the most mature technologies today is the precipitation of struvite ( $MgNH_4PO_4$ ) from the liquid phase to recover phosphorus in the form of slow-release fertiliser.

Instead, pyrolysis and gasification technologies are becoming dominant at the present stage [2]. The product of pyrolysis is biochar, which is valuable and is considered not only as a soil conditioner, but also as a highly effective sorbent for treating wastewater itself.

Therefore, given the current trends in regulatory policy change, Ukraine is at a critical crossroads. On the one hand, we are facing an environmental crisis due to the outdated practice of accumulating wastewater sludge in overfilled sludge fields, one example of which is the Bortnytska aeration station in Kyiv, where billions of hryvnias are spent not on technological treatment of sludge, but on temporary reinforcement of dams. On the other hand, a fundamental legal shift took place in Ukraine between 2022 and 2024. The adoption of new framework laws “On Waste Management” (2022) [3] and “On Water Drainage and Wastewater Treatment” (2023) [4] and the development of subordinate legislation created effective legal markets for the valorisation of sewage sludge, namely for the production of fertilisers and alternative fuels. The new legislative framework should stimulate practical innovation at the community level – among wastewater treatment plant operators.

Chronic infrastructure lag gives Ukraine a strategic advantage in the form of an opportunity for a technological leap forward. Ukraine has avoided massive investments in composting technologies, which the EU now considers obsolete [5] due to the problem of microplastics. With a new legislative framework and a clean slate for investment, Ukraine can leapfrog 30 years of EU evolution and immediately implement 2025+ standards (biogas, thermal utilisation, pyrolysis, phosphorus recovery), which are fully in line with the principles of the circular economy.

## REFERENCES

1. Salva, J., Sečkář, M., Schwarz, M. *et al.* Analysis of the current state of sewage sludge treatment from the perspective of current European directives. *Environ Sci Eur* 37, 59 (2025). <https://doi.org/10.1186/s12302-025-01097-7>
2. Jin, F., Lu, J., Sun, F. *et al.* Application and development of sludge-based materials for environmental pollution remediation: a bibliometric review from 2004 to 2024. *RSC Advances*, 15, 10 (2025). <https://doi.org/10.1039/d5ra00620a>

3. Law of Ukraine “On Waste Management (Pro upravlinnia vidkhodamy)” (№ 2320-IX, 20.06.2022).

4. Law of Ukraine “On Water Drainage and Wastewater Treatment (Pro vodovidvedennia ta ochyshchennia stichnykh vod)” (№ 2887-IX, 12.01.2023).

5. Lucia, C., Badalucco, L., Corsino, S.F. *et al.* Management and valorisation of sewage sludge to foster the circular economy in the agricultural sector. *Discov. Soil* 2, 80 (2025). <https://doi.org/10.1007/s44378-025-00105-9>



УДК 631.362:004.94:519.63

## **ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ СИМУЛЯЦІЇ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ КОРМОВИРОБНИЦТВА МЕТОДОМ ДИСКРЕТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

**Алієв Е. Б.**, д.т.н., старший дослідник, [aliiev@meta.ua](mailto:aliiev@meta.ua)  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Сучасне кормовиробництво характеризується високим рівнем механізації та автоматизації, що зумовлює необхідність глибокого вивчення механіко-технологічних процесів переробки та підготовки кормів. Від ефективності цих процесів залежить якість готової продукції, енергоємність технологій та довговічність обладнання. Традиційні методи експериментальних досліджень дозволяють отримати важливу інформацію про роботу машин і знарядь, однак вони потребують значних матеріальних і часових витрат та не завжди дають можливість відстежити детальну картину руху частинок у робочих органах [1–2].

У цьому контексті дедалі більшої актуальності набувають комп'ютерні методи моделювання, зокрема метод дискретних елементів (DEM). Його використання відкриває нові можливості для аналізу динаміки сипких матеріалів, що є характерними для процесів подрібнення, змішування, транспортування та дозування кормів. DEM дає змогу описувати поведінку окремих частинок з урахуванням їхньої форми, розмірів, сил взаємодії та умов контакту, що робить його ефективним інструментом для оптимізації конструкцій машин і вдосконалення технологічних схем [3–4].

Застосування методу дискретних елементів у дослідженнях кормовиробництва дозволяє прогнозувати вплив робочих параметрів обладнання на якість кінцевого продукту, визначати критичні режими роботи та мінімізувати енергетичні витрати. Це сприяє створенню більш надійних і ресурсозберігаючих технологій у тваринницькій галузі, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та раціонального використання ресурсів.

Для реалізації сучасних принципів аграрного машинобудування, згідно підручника [5], програмний продукт CAE-системи Simcenter STAR-CCM+ дозволяє виконувати наукові дослідження на більш високому рівні, що скорочує час на проведення і підготовку до експериментальних досліджень розроблених технічних засобів за рахунок чисельного моделювання процесу на персональному комп'ютері.

Узагальнена методика проведення чисельного моделювання включає наступні етапи (рис. 1): концепція (конструктивно-технологічна схема) технічного засобу (робочого органу); визначення основних геометричних розмірів технічного засобу (робочого органу); створення 3D-моделі технічного засобу (робочого органу) в CAD-системі; визначення фізико-механічних властивостей середовища з яким взаємодіє технічний засіб (робочий орган); аналіз технологічного процесу; створення моделі в CAE-системі; визначення факторів чисельного моделювання; визначення критеріїв чисельного моделювання; планування чисельного експерименту; проведення моделювання; кореляційний, дисперсійний, регресійний аналізи результатів моделювання; статистичний аналіз адекватності отриманих результатів моделювання.

Процес взаємодії робочих органів сільськогосподарських машин із гранульованими матеріалами (насіння, компонентів комбікормів тощо) можна описати з використанням методу дискретних елементів (DEM). Згідно книги [5] створена Джонсоном-Кендаллом-Робертом, модель DEM є розширенням методології моделювання Лагранжа для включення щільних потоків частинок. Відмінною характеристикою DEM є те, що контактні сили між частинками включені в рівняння руху. Simcenter STAR-CCM+ використовує метод класичної механіки для моделювання DEM і базується на формулі пружино-демпферної контактної моделі Герца-Міндліна, де частинкам дозволяється розвивати перекриття. Розрахована контактна сила пропорційна перекриттю, а також фізико-механічним властивостям матеріалу частинок і геометричним розмірам.



Рисунок 1 – Узагальнена методика проведення чисельного моделювання

Для визначення сили контактної взаємодії частинок між собою методом DEM складено відповідну розрахункову схему (рис. 2).

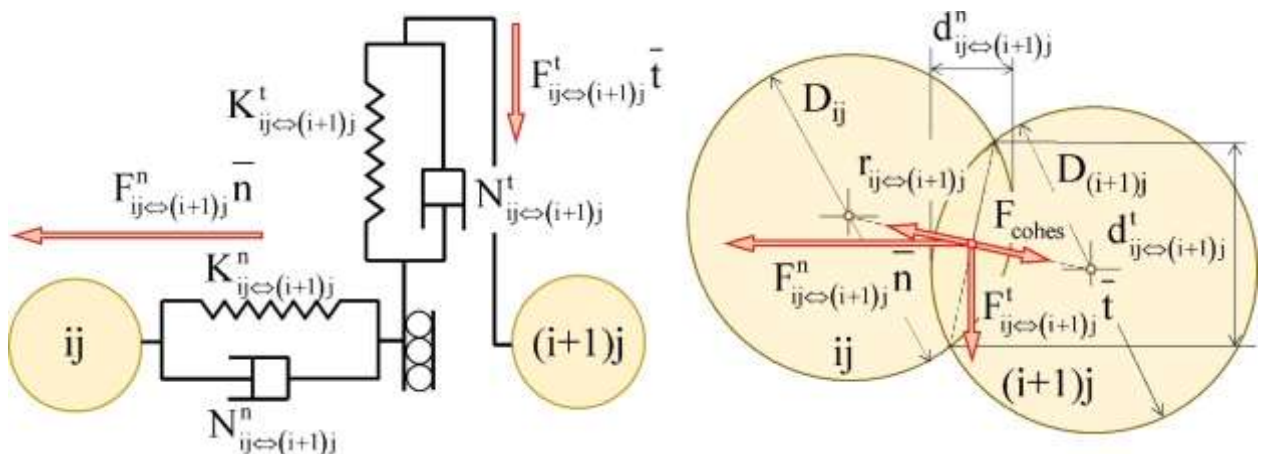


Рисунок 2 – Розрахункова схема сил контактної взаємодії компонентів корму між собою

Згідно з пружно-демпферною контактною моделлю Герца-Міндліна сумарна сила контактної взаємодії компонентів корму між собою визначається так:

$$\bar{F}_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^c = F_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n \bar{n} + F_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t \bar{t}, \quad (1)$$

де  $\bar{F}_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^c$  – сила взаємодії між частинками  $ij$  та  $(i+1)j$ , Н;  $F_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n$  – нормальний складник сили між частинками  $ij$  та  $(i+1)j$ , Н;  $F_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t$  – тангенціальний складник сили між частинками  $ij$  та  $(i+1)j$ , Н;  $\bar{n}$ ,  $\bar{t}$  – одиничні вектори нормального й тангенціального напрямів відповідно.

Нормальний складник сили визначається таким рівнянням:

$$F_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n = -K_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n - N_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n V_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n, \quad (2)$$

де  $K_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n$  – нормальний коефіцієнт жорсткості пружної складової, кг/с<sup>2</sup>:

$$K_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n = \frac{4}{3} E_{ij \leftrightarrow (i+1)j} \sqrt{d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n R_{ij \leftrightarrow (i+1)j}}; \quad (3)$$

$N_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n$  – нормальний коефіцієнт згасання демпферного складника, кг/с:

$$N_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n = \sqrt{(5K_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n M_{ij \leftrightarrow (i+1)j})} N_{n \text{ damp}}. \quad (4)$$

Тангенціальний складник сили визначається, як

$$F_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t = -K_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t - N_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t V_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t, \quad (5)$$

якщо  $\left| K_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t \right| < \left| K_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n \right| C_{fs}$ , де  $C_{fs}$  – статистичний коефіцієнт тертя між частинками компонентів корму. В іншому випадку тангенціальний складник сили визначається таким рівнянням:

$$F_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t = \frac{\left| K_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n \right| C_{fs} d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t}{\left| d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t \right|}, \quad (6)$$

де  $K_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t$  – тангенціальний коефіцієнт жорсткості пружного складника, кг/с<sup>2</sup>:

$$K_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t = 8G_{ij \leftrightarrow (i+1)j} \sqrt{d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t R_{ij \leftrightarrow (i+1)j}}; \quad (7)$$

$N_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t$  – тангенціальний коефіцієнт згасання демпферного складника, кг/с:

$$N_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t = \sqrt{(5K_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t M_{ij \leftrightarrow (i+1)j})} N_{t \text{ damp}}; \quad (8)$$

$N_{n \text{ damp}}$ ,  $N_{t \text{ damp}}$  – нормальний і тангенціальний коефіцієнти загасання відповідно

$$N_{n \text{ damp}} = -\ln(C_{n \text{ rest}}) / \sqrt{\pi^2 + \ln(C_{n \text{ rest}})^2}; \quad (9)$$

$$N_{t \text{ damp}} = -\ln(C_{t \text{ rest}}) / \sqrt{\pi^2 + \ln(C_{t \text{ rest}})^2}; \quad (10)$$

$R_{ij \leftrightarrow (i+1)j}$  – еквівалентний радіус двох частинок  $ij$  та  $(i+1)j$ , м:

$$R_{ij \leftrightarrow (i+1)j} = \frac{1}{2/D_{ij} + 2/D_{(i+1)j}}; \quad (11)$$

$M_{ij \leftrightarrow (i+1)j}$  – еквівалентна маса двох частинок  $ij$  та  $(i+1)j$ , кг:

$$M_{ij \leftrightarrow (i+1)j} = \frac{1}{1/M_{ij} + 1/M_{(i+1)j}}; \quad (12)$$

$E_{ij \leftrightarrow (i+1)j}$  – еквівалентний модуль Юнга двох частинок  $ij$  та  $(i+1)j$ , Па:

$$E_{ij \leftrightarrow (i+1)j} = \frac{1}{(1 - \nu_{ij}^2)/E_{ij} + (1 - \nu_{(i+1)j}^2)/E_{(i+1)j}}; \quad (13)$$

$G_{ij \leftrightarrow (i+1)j}$  – еквівалентний модуль зсуву двох частинок  $ij$  та  $(i+1)j$ , Па:

$$G_{ij \leftrightarrow (i+1)j} = \frac{1}{2(2 - \nu_{ij})(1 + \nu_{ij})/E_{ij} + 2(2 - \nu_{(i+1)j})(1 + \nu_{(i+1)j})/E_{(i+1)j}}; \quad (14)$$

$M_{ij}$ ,  $M_{(i+1)j}$  – маси частинок  $ij$  та  $(i+1)j$ , кг;  $d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n$ ,  $d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t$  – віртуальне перекриття частинок  $ij$  та  $(i+1)j$  в нормальному і тангенціальному напрямках, м;  $D_{ij}$ ,  $D_{(i+1)j}$  – ефективні діаметри частинок  $ij$  та  $(i+1)j$ , м;  $E_{ij}$ ,  $E_{(i+1)j}$  – модулі Юнга частинок  $ij$  та  $(i+1)j$ , Па;  $\nu_{ij}$ ,  $\nu_{(i+1)j}$  – коефіцієнти Пуассона частинок  $ij$  та  $(i+1)j$ ;  $V_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t$ ,  $V_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n$  – тангенціальний й нормальний компоненти швидкості переміщення частинок в точці контакту, м/с;

При взаємодії частинки компонентів корму зі стінкою залежності (11)–(12) при умові  $D_{\text{wall}} = \infty$ ,  $M_{\text{wall}} = \infty$  перетворюються у наступну форму

$$R_{ij \leftrightarrow wall} = D_{ij}/2, M_{ij \leftrightarrow wall} = M_{ij}. \quad (15)$$

Через високий тиск між частинками виникає зчеплення, природа якого у явищі когезії. Моделювання когезії полегшує моделювання сил міжмолекулярного притягання (сил Ван-дер-Ваальса) між поверхніми частинок. Для деяких класів симуляцій, таких як сухі порошки, ці сили значно впливають на результат, і їх не можна ігнорувати. В подальшому будемо використовувати модель Джонсона-Кендалла-Робертса (JKR). Сила зчеплення між двома сферичними частинками виражається як (рис. 2):

$$F_{cohes} = \frac{3}{2} \pi r_{ij \leftrightarrow (i+1)j} \left( d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n, d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t \right) W_p, \quad (16)$$

де  $r_{ij \leftrightarrow (i+1)j} \left( d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^n, d_{ij \leftrightarrow (i+1)j}^t \right)$  – мінімальний радіус контактних поверхонь, який залежить від віртуального перекриття частинок  $ij$  та  $(i+1)j$ , м;  $W_p$  – робота когезії на одиницю площі, Н/м.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Aliev, E. B., Bandura, V. M., Pryshliak, V. M., Yaropud, V. M., Trukhanska, O. O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 54 (1): 95–104.
2. Алієв, Е. Б., Миколенко, С. Ю., Сова, Н. А. та ін. (2022). Техніко-технологічне забезпечення безвідходної переробки зернової сировини у харчові продукти і корми: колективна монографія / за заг. ред. Е. Б. Алієва. Дніпро: ЛІРА. 192 с. ISBN 978-966-981-687-0.
3. Iwasaki, T., Munetake, S., Takaomi, K. (2001). Analysis of collision energy of bead media in a high-speed elliptical rotor-type powder mixer using the discrete element method. *Powder Technology*. 121: 239–248.
4. Kostaski, L., D'Ambra, R. B., Iturrioz, I. (2012). Crack propagation in elastic solids using the truss-like discrete element method. *Int. J. Fract.* 174: 139–161.
5. Алієв Е. Б. (2023). Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва: підручник. Київ: Аграрна наука, 340 с. ISBN 978-966-540-584-9. DOI: 10.31073/978-966-540-584-9



УДК 635.8:631.67

## ОГЛЯД ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПОЛИВУ ПЕЧЕРИЦЬ В ТЕПЛИЧНИХ УМОВАХ

**Білецький В.Р.<sup>1</sup>**, к.т.н., доцент, **Булич Р.П.<sup>1</sup>**, здобувач освіти,  
**Шевчук О.А.<sup>2</sup>**, викладач

<sup>1</sup>*Поліський національний університет, м. Житомир, avi\_77@ukr.net*

<sup>2</sup>*Житомирський агротехнічний фаховий коледж*

У сучасних грибних культивуваційних камерах печериці вирощують на спеціальних багатоярусних стелажах (рис. 1).



Рисунк 1 – Стелаж для вирощування печериць

Такий спосіб вирощування дає змогу ефективно використовувати корисну площу камери, зберігаючи простір для виконання технологічних операцій. Щільне компонування також сприяє кращому накопиченню CO<sub>2</sub>, який є вкрай необхідним для дозрівання печериць, та зменшує енерговитрати на забезпечення оптимальних кліматичних умов [1].

Недоліки цього способу переважно стосуються технологічних операцій, пов'язаних із завантаженням і розвантаженням субстрату,

нанесенням покривного матеріалу, збиранням дозрілих плодових тіл грибів, а також із поливом.

Наразі на підприємствах, що займаються вирощуванням печериць і мають невелику площу культиваційних камер, переважно застосовують ручний полив із використанням поливальної штанги (рис. 2).



Рисунок 2 – Полив із використанням поливальної штанги

Ручний полив має низку недоліків, серед яких – нерівномірність зволоження через вплив людського фактора, а також необхідність перебування людини в камері, що несприятливо впливає на розвиток печериць. Це пов'язано з тим, що під час відкривання дверей у камеру, куди заходить персонал для виконання технологічних операцій, відбувається порушення кліматичних умов і зміна газового складу повітря.

На більших підприємствах, які мають значні площі культиваційних камер, застосовують механізовані способи поливу, наприклад за допомогою поливального дерева, що являє собою вертикальну штангу, яка здійснює полив збоку від стелажів (рис. 3).

Такий механізований спосіб має низку переваг, серед яких – можливість одночасного поливу кількох ярусів, а також механізоване керування переміщенням установки. Проте залишаються певні недоліки, зокрема відсутність дистанційного або автоматичного керування запірними кранами, які доводиться відкривати вручну, що також потребує присутності персоналу в камері. Крім того, розпилювачі, які являють собою каскад форсунок із різною дальністю поливу, через свою конструкцію відзначаються високою матеріаломісткістю та вартістю.



Рисунок 3 – Поливальне дерево

На великих грибних комплексах полив печериць здійснюють за допомогою трубопроводів, прокладених уздовж стелажів (рис. 4).



Рисунок 4 – Полив за допомогою трубопроводів

У цьому випадку забезпечується головна перевага порівняно з описаними вище способами – відсутність необхідності перебування персоналу в культивативній камері у періоди, коли це не передбачено технологічною потребою (завантаження та розвантаження субстрату, збирання врожаю).

Недоліки поливу за допомогою трубопроводів пов'язані з високою матеріаломісткістю трубопроводних ліній і дощувальних насадок, а також зі значними витратами на їх технічне обслуговування. Крім того, через стаціонарне виконання трубопроводів виникає необхідність демонтажу дощувальних насадок у періоди проведення таких технологічних операцій, як завантаження і розвантаження субстрату, нанесення покривного шару, збирання врожаю.

Таким чином, можна зробити висновок, що для поливу печериць у культиваційній камері необхідне пристосування, яке відповідало б ряду критеріїв:

1. Воно повинно мати механізоване керування виконавчими механізмами, що виключало б присутність обслуговуючого персоналу всередині камери під час виконання технологічних операцій, не пов'язаних із необхідністю його перебування.

2. Пристрій має забезпечувати високі якісні показники поливу печериць: рівномірність зволоження та оптимальний діаметр крапель дощу, щоб не знижувати якісні характеристики грибів.

3. Необхідно забезпечити можливість демонтажу поливальної установки для проведення технологічних операцій у культиваційній камері.

4. Отже, розроблення пристрою для поливу, який би забезпечував виконання всіх зазначених вимог, є актуальним завданням.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Zicari G., Rivetti D. Soardo V. The cultivation of *Agaricus bisporus* (champignon) mushrooms. *Progress in Nutrition* 14(3):155-160.



УДК 004.041:63

## **ЗАСТОСУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ГОДІВЛІ ТВАРИН**

**Болтянський Б.В.**, к.т.н., доцент, [boris.boltianskyi@tsatu.edu.ua](mailto:boris.boltianskyi@tsatu.edu.ua),

**Болтянський О.Б.**, асистент,

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

На основі програмного управління в наш час розробляють децентралізовані багаторівневі системи з індивідуальною структурою, виходячи з практичних вимог виробництва. Під час їх створення та проектування має комплексно вирішуватися велика кількість задач. Комплексний підхід вимагає вирішення не лише завдань управління ходом технологічного процесу, а й завдань оперативного управління, управління ресурсами виробництва, контролю за якістю виготовленої продукції тощо.

Окрім цього, формування цілісного уявлення щодо програмного управління процесами у тваринництві дає змогу об'єктивно оцінити інформаційні системи і технології, що присутні на ринку ІТ сфери для обробки та аналізу даних, розрахунку раціонів годівлі для тварин. Набуття практичних навичок із застосуванням пакетів прикладних програм спеціального призначення надає змогу користуватися спеціалізованими системами управління процесами в тваринництві (прогнозування, планування, контроль, аналіз технологічних операцій) [1, 3].

В умовах зони степу України кількість кормів для згодовування великої рогатої худоби досить невелика, а тому є необхідність складання більш детального раціону за наявними кормами, і збалансування його за всіма поживними елементами.

Вартість кормів є однією з основних витрат на виробництво молока та м'яса на фермі. Слід зрозуміти необхідність поживних речовин і покращення виробництва молока. Більшість малих підприємств закупляє більш дешеві види кормів для годівлі стада але добова порція таких кормів перевищує ту, яка була б при закупівлі іншого виду корму за більшою ціною, проте більш поживного і цінного для тварини [1, 4].

Мобільний додаток «Drought Feed Calculator» – калькулятор посухи є важливим інструментом для виробників великої рогатої худоби, які мають

господарство в посушливих зонах. Мобільний додаток дозволяє зайнятим фермерам приймати обґрунтовані рішення та заощаджувати кошти. Фермери в будь-якому місці можуть легко та швидко визначати мінімальні вимоги до корму для цілого ряду тварин з різними поживними потребами. Додаток розраховує: кількість корму на голову, вартість корму на одну голову, вартість за період, суму для однієї голови чи стада, загальну вартість для однієї голови чи стада. Фермери можуть легко оцінити цінність і поживність різних кормів, просто порівнявши ці результати для трьох кормів, а також змішаного раціону.

Існує 71 різний сценарій для вибору, кожен із власним оціненим середнім значенням енергії, білка і сухої речовини. Також існує ряд попереджень, які допомагають керувати зайнятим виробником при розробці раціону.

Мобільний додаток «Cattle Feed Organizer» – призначений для годівлі великої рогатої худоби, а саме для молочних корів та биків. Можливості:

- порівняння поживних речовин, що присутні в суміші концентрату, концентрату та грубих кормів;
- збереження даних, відправлення фермерам та консультантам. Консультація з дієтологом молочного тваринництва;
- збереження результатів для майбутньої довідки і обміну його з ветеринаром ферми;
- розробка власної суміші концентратів.

Мобільний додаток «Велика рогата худоба» – в даному додатку надана інформація по догляду і утриманню великої рогатої худоби. Це інструмент для отримання інформації щодо основних порід великої рогатої худоби, для полегшення контролю за здоров'ям і фізичним станом тварин. Надана детальна інформація по догляду за тваринами, раціон годівлі і розведення, з можливістю зателефонувати до відповідного спеціаліста [2].

Отже, при поєднанні даних додатків фермер має інформацію щодо свого стада, догляду за ним, раціон годівлі з поправкою на посушливу зону і яким чином можливо, без втрат продуктивності корів, закупити корм не переплачуючи.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Болтянський Б.В. Прогресивні технології як основа мінімізації сукупних витрат енергії в тваринництві. *Матеріали IV-ї Науково-технічної*

конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». Глеваха, 2016. С. 16

2. Програмне управління процесами в галузі. Навчальний посібник / А.В. Нелепова, Р.О. Трибрат, Л.В. Бондаренко. – К.: «Кафедра», 2018. 200 с.

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

4. Болтянський Б.В. Підвищення ефективності технологічного процесу роздавання кормів на фермах великої рогатої худоби. *Сучасні проблеми землеробської механіки: Збірник тез доповідей XXII Міжн. наук. конф.* Київ. Ніжин, 2021. С. 72-75.



УДК 004.041:63

## ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ У ТВАРИННИЦТВІ

**Болтянський Б.В.<sup>1</sup>**, к.т.н., доцент, [boris.boltianskyi@tsatu.edu.ua](mailto:boris.boltianskyi@tsatu.edu.ua),

**Болтянський О.Б.<sup>1</sup>**, асистент,

**Сиротюк С.В.<sup>2</sup>**, к.т.н., доцент, **Коробка С.В.<sup>2</sup>**, к.т.н., доцент,

[korobkasv@ukr.net](mailto:korobkasv@ukr.net)

<sup>1</sup>*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

<sup>2</sup>*Львівський національний університет ветеринарної медицини та  
біотехнологій імені С.З. Гжицького*

У процесі розвитку сільського господарства дедалі частіше виникає необхідність використання нових підходів, рішень, технологій, які б підвищували рентабельність виробництва продукції тваринництва. Сучасні фермери потребують нових технологій, які дають змогу оптимізувати і покращити системи утримання тварин, захищати навколишнє середовище, підвищити якість продукції.

У сучасному світі використання цифрових технологій та автоматизації у сільському господарстві стає все більш поширеним. Сучасні цифрові технології перетворюють тваринництво, та надають нові

можливості фермерам. Однією з галузей, яка найбільше користується автоматизацією є точне тваринництво. Точне тваринництво представляє собою сільське господарство яке використовує технології для моніторингу і управління худобою з ефективністю та стійкістю. Використовуючи автоматизацію на базі штучного інтелекту (ШІ) фермери можуть збирати дані про свою худобу, такі як інформація про стан здоров'я та годівлі в режимі реального часу. Отриману інформацію в подальшому можна використовувати для прийняття обґрунтованих рішень щодо догляду та управління стадом. Завдяки цифровим технологіям фермери мають змогу вдосконалювати та оптимізувати методи догляду за худобою. Наприклад, за станом здоров'я та самопочуттям тварин можна стежити за допомогою дронів, камер і датчиків зі ШІ, які можуть сповіщати людину про можливі проблеми. Крім цього, можна використовувати ШІ для прийняття рішень щодо стратегії розведення та годівлі тварин, відстежуючи продуктивність окремих тварин. Можливість ШІ революціонізувати точне тваринництво стає дедалі очевиднішою. Застосування роботів на фермах допомагає покращити відстеження продукції. За допомогою датчиків, керованих ШІ, можна контролювати стан і місцезнаходження (і навіть ідентифікувати) тварин, щоб забезпечити якість і безпеку продукції, та підвищити стабільність вирощування худоби.

Телекомунікаційні технології – це принципи організації сучасних аналогових і цифрових систем, мереж зв'язку, включаючи комп'ютерні мережі. Сучасні телекомунікаційні технології Інтернет засновані на використанні телекомунікаційних мереж. Телекомунікаційні мережі – система, що складається з об'єктів, які здійснюють функції генерації, перетворення, збереження продукту, і мають назву пункти (вузли) мережі, та ліній передач (зв'язку, комунікацій, з'єднань), що здійснюють передачу. До останніх можна віднести: телефонні мережі; радіомережу; телевізійні мережі; комп'ютерні мережі (Internet) [1].

Надалі ми будемо розглядати переважно комп'ютерні мережі, бо саме вони на даний час забезпечують двосторонній обмін будь-якою інформацією на досить високих швидкостях, охоплюють усю земну кулю і знаходяться у стані постійного вдосконалення та подальшого територіального розширення на регіональному та локальному рівні. Одним з прикладів персональних мереж (таких, що забезпечують взаємодію різних пристроїв) можуть слугувати бездротові сенсорні мережі, що використовуються в корівниках, пташниках тощо. Комп'ютери, що їх

обслуговують, можуть бути з'єднані у локальну мережу, а вона, в свою чергу, може мати вихід до глобальних мереж, таких як Internet, або мережа мобільного зв'язку [2].

Розглянемо принципи організації та переваги використання такого зв'язку. Маємо комп'ютеризовану систему, основою якої є збір інформації у реальному часі та відповідна реакція системи на ці дані. Сигнали різноманітних датчиків поступають на окремий пристрій збору даних. Зв'язок з цим пристроєм та отримання даних віддаленому абоненту здійснено двома способами: 1) через телекомунікаційну мережу Інтернет (за допомогою ПК та спеціалізованого програмного забезпечення); 2) засобами телефонної мережі GSM (модуль збору даних підключений до модему передає інформацію на телефон (смартфон, комунікатор, через SMS). Таким чином, датчики, які знаходяться безпосередньо на тварині, передають дані в режимі реального часу, що дає можливість ефективно спостерігати за штучно створеною екосистемою. Завдяки постійному зв'язку з системою технолог (зооінженер) може дистанційно регулювати температуру і вологість повітря у тваринницькому приміщенні, підігрівати воду в системах напування, включати і відключати насоси водяних установок, управляти годівлею та вентиляцією. Навіть без втручання технолога, автоматизована система слідкуватиме за тим, щоб екосистема на тваринницькому підприємстві завжди знаходилась у межах заданих параметрів. Такі технології дозволяють оптимізувати режими вирощування тварин за рахунок контрольованого графіку годівлі, освітлення, регулювання температури і вологості повітря тощо.

У зв'язку з цим актуальними є наукове обґрунтування, розробка й упровадження нових інноваційних технологій виробництва продукції тваринництва, автоматизація процесів утримання тварин, вивчення ефективності їх використання в галузі.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б. В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
2. Програмне управління процесами в галузі. Навчальний посібник / А.В. Нелєпова, Р.О. Трибрат, Л.В. Бондаренко. – К.: «Кафедра», 2018. 200 с.



УДК 631.31:620.178.16

## ОСОБЛИВОСТІ АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН

**Борак К.В.**<sup>1</sup>, д.т.н., професор, koss1983@meta.ua

**Куликівський В.Л.**<sup>2</sup>, к.т.н., професор, **Кушим Р.В.**<sup>2</sup>, здобувач освіти

**Бистрицький Б.П.**<sup>2</sup>, здобувач освіти

<sup>1</sup>*Житомирський агротехнічний фаховий коледж*

<sup>2</sup>*Поліський національний університет, м. Житомир*

Робочі органи ґрунтообробних машин зазнають значного зношування під час руху в ґрунті. Найпоширенішим видом зношування у цій сфері є абразивне зношування – на його частку припадає близько 60 % усіх відмов деталей ґрунтообробної техніки. Воно зумовлене мікрорізанням поверхні металу твердими мінералами ґрунту (перш за все кварцовим піском), твердість яких перевищує твердість матеріалу знаряддя. Проблема абразивного зношування безперервно накопичує витрати: щороку втрачаються мільйони доларів лише на заміну зношених деталей і зниження ефективності обробітку полів. Тому вивчення механізмів цього процесу та пошук методів підвищення зносостійкості інструментів є надзвичайно актуальним завданням [1].

При роботі у гетерогенному ґрунтовому середовищі поверхня робочого органу постійно контактує з крижкими зернами мінералів. Основним механізмом руйнування металу є мікрорізання його гострими вершинами абразивних зерен. Утворюється безліч тонких подряпин та пластичні деформації на поверхні, а окремі часточки металу зрізаються і вилітають. Власне, базовим фізичним механізмом є мікрошліфування (або «мікрорізання») поверхні деталі зернами ґрунту. Інтенсивність цього процесу залежить від жорсткості зерен, їх форми і положення. Наприклад, із збільшенням ступеня закріплення абразивної частинки в ґрунті зростають площа та глибина локального пластичного деформування металу і частіше відбувається відокремлення мікрочастинок металу. Іншими словами, більше встромлене зерно «стриже» деталь сильніше. Надзвичайно важливий фактор – гострота граней частинок ґрунту: чим більше гострих кутів і граней має зерно, тим ефективніше воно ріже метал. Мікрорізання часто супроводжується також мікрооранкою і втомним вицвітанням металу від

ударів каміння. Так у реальних умовах ґрунту виникають поєднані явища: різання, подрібнення й ударне навантаження, проте саме абразивне мікрорізання переважає у загальному обсязі зносу [2].

Абразивне зношування інтенсивно залежить від виду ґрунту та його властивостей. Найбільший негативний вплив справляють піщані ґрунти: дослідження показали, що на піску інтенсивність абразивного зносу робочих органів вища на 40–100 % у порівнянні з глинистими ґрунтами. У пісках багато твердих зерен кварцу великого розміру, тому пошкодження металу відбувається швидше. Наявність грубих порід (каміння) у ґрунті також суттєво збільшує знос – кожне тверде каменеподібне включення завдає ударів і різальних подряпин по сталевій поверхні. Разом із тим змінюється роль вологи: у суглинкових та глинистих ґрунтах підвищення вологості зазвичай знижує абразивне зношування за рахунок зменшення сипучості ґрунту, а в піщаних ґрунтах навпаки – збільшує (вологочастицевий зв'язок посилює різання зернами). Також важливо ущільнення: ущільнений ґрунт (наприклад, у колії коліс) створює великий тиск на робочі органи і викликає підвищене зношування (відмічено у дослідженнях до 17–40 % збільшення зносу на перших і останніх плоскостях плуга). Загалом фактори ґрунту – розмір і склад зерен, ступінь ущільненості, вологість і вміст каміння – визначають кількість і характер абразивних контактів, що прямо відбивається на швидкості зношування [1, 2, 3].

Крім властивостей ґрунту, значний вплив на абразивний знос мають режим і глибина обробітку. Зі збільшенням робочої швидкості чи глибини заглиблення робочого органу в ґрунт зростає сила взаємодії з абразивними зернами, отже інтенсивність зносу зростає. Уважається, що підвищення швидкості обробки посилює імпульсні удари і зменшує час контакту окремих зерен (що знижує знос на одиницю пробігу), але надзвичайно велика швидкість або велика кількість пасів унеможлиблює відвалення зношених частинок і додає взаємодію із вищими шарами ґрунту, збагаченими піском. Також форма і ріжучий кут леза визначають спосіб вривання в ґрунт. Наприклад, зростання кута атаки може збільшити механічний вплив сипких зерен при обробітку легких ґрунтів. Сумарно робочі параметри (кількість пасів, швидкість ходу, глибина обробітку) мають бути оптимізовані, оскільки занадто агресивний режим тільки підвищує абразивне стирання і витрати на ремонт.

Матеріал та геометрія робочого органу визначають його зносостійкість. Зі збільшенням твердості сталі істотно зростає її стійкість до

абразивного зносу. Наприклад, експерименти показали, що при загартуванні стали збільшуючи твердість від  $\sim 30\text{HRC}$  до  $\sim 60\text{HRC}$ , її зносостійкість зростає пропорційно. Тому оригінальні робочі органи плугів виготовляють з легованих хромо-борних сталей, що після гартування мають твердість  $45\text{--}55\text{HRC}$ . З міцніших сплавів можна додатково забезпечувати карбідні включення чи створювати зміцнену поверхню. Важливу роль відіграє профіль і гострота різальних кромки: гладке лезо з одним виступаючим гострим фронтом стирається повільніше, ніж багатогранні, зазубрені форми. Дослідження встановили, що чим більше у зерні ґрунту гострих граней, тим ефективніше вона ріже метал робочого органу. Таким чином, і конфігурація робочого органу (пружинної лапи, лезо плуга, диск борони тощо), і його ріжучі кути мають бути розраховані з урахуванням збереження максимальної кількості ріжучої кромки при експлуатації. Крім того, ухвалюють заходи щодо запобігання захопленню дрібного зерна чи пилу в задню порожнину різальних деталей, оскільки такі частинки діють як «примусове» абразивне середовище.

Задля подовження ресурсу робочих органів застосовують комплексне технологічне зміцнення матеріалів і поверхонь. По-перше, змінюють сам матеріал: крім традиційних легованих сталей, використовують спеціальні марочні композиції з підвищеним вмістом бору, кремнію або марганцю. Наприклад, стали типу 27MnB5 або сучасні конструкційні сталі Hardox з карбідними фазами демонструють кращий опір стиранню під впливом ґрунтових абразивів. По-друге, застосовують різноманітні методи термічної та хіміко-термічної обробки. Цементация, азотування, борування або електроіскрове насичення поверхні вуглецем/азотом дозволяють підвищити твердість зовнішнього шару металу без втрати в'язкості основи. Дослідження показують, що комбіноване закалювання та отпускання дозволяє домогтися «м'якого серця» деталі з твердою поверхнею, що значно підвищує зносостійкість робочого леза.

По-третє, широко використовується наплавлення і нанесення покриттів. В побутових і професійних умовах часто виконується дугове наплавлення зносостійкого матеріалу на виточину робочих деталей. Використовують зварювальні дроти або електроди з диспергованими карбідами (вольфрам, хром, молібден тощо) – при цьому гартовані карбідні зерна «закаляються» в матриці металу і підвищують його твердість до  $60\text{--}68\text{HRC}$ . Один із прогресивних методів – плазмове порошкове напилення (РТА): метал у вигляді порошку з вольфрамокарбідними або

хромокарбідними включеннями подають через пальник під плазменним дугою – це забезпечує рівномірне багатошарове покриття. Такі шаруваті твердосплавні покриття дозволяють істотно збільшити довговічність, причому на практиці термін служби наплавлених робочих елементів може бути в 8–10 разів більшим порівняно з ненакладеним «стандартним» шаром. Наприклад, наявні досвіди наплавлення малого зубчастого диска борони карбідами показали восьмиразове збільшення ресурсу знаряддя.

Крім сталевих наплавок, застосовують тонкі технологічні покриття методом PVD/CVD. На роторні ножі та лемеші наносять нитрид титану TiN, титаново-алюмінієві сполуки (TiAlN) та багатошарові композиції (наприклад, TiCrN–TiAlN–TiAlSiCN), що мають дуже високу твердість і низький коефіцієнт тертя. Такі покриття наносили на плуги і культиваторні лапи – результати показують зменшення втрат матеріалу і підвищення ресурсу інструмента. Інший напрям – нанесення самозмащувальних полімерних композитів (наприклад, Ni–P–PTFE) на диски фрез і обертальні граблі; експерименти свідчать про значне зниження коефіцієнта тертя і сповільнення стирання в ґрунті. Поряд із цим комбінують різні обробки: наприклад, попереднє насичення азотом або карбоном поверхні, а потім накладення твердого зварювального шару, ще більше зміцнює робочу зону інструмента. Сучасні дослідження спрямовані і на оптимізацію форми робочих органів – навіть елементи біонічного дизайну (натхненні формою риючих ніг жука чи каракатиці) можуть зменшувати зчеплення ґрунту і тим самим знижувати навантаження на лезо.

Абразивне зношування – провідний вид руйнування робочих органів ґрунтообробних машин, що пов'язано з інтенсивним механічним впливом твердих зерен ґрунту на сталь інструмента. Його інтенсивність визначають властивості ґрунту (текстура, вологість, кам'янистість), умови обробки (швидкість, глибина, ущільнення) та характеристики самого робочого органу (матеріал, твердість, форма леза). Заходи щодо підвищення зносостійкості включають використання спеціальних легованих та зміцнених матеріалів (зокрема легованих сталей з карбідами), комплексну термо- і хіміко-термічну обробку (закалювання, цементацію, азотування), а також поверхневі укріплення – наплавлення високотвердих композитів і сучасних покриттів (TiN, CrN, WC-Co тощо). Приклади з практики показують, що грамотне поєднання цих підходів може в рази продовжити ресурс робочих органів (зокрема, застосування наплавлення карбідами часто дає в 5–10 разів більшу довговічність). Таким чином, врахування

особливостей ґрунтових абразивних процесів разом із застосуванням інноваційних матеріалів і технологій обробки є ключовими для оптимізації довговічності ґрунтообробних машин.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д.т.н.: 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

2. Rogovskii, I.L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.

3. Borak K. Ensuring the equistability of the tillage tools wearout , Works of VNTU, no. 1, Feb. 2023. DOI: <https://doi.org/10.31649/2307-5392-2022-1-19-29>.



УДК 004.8:636.4.084

## ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ОРГАНІЗАЦІЇ ГОДІВЛІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН

**Бучковська В.І.**, [vbutschk@ukr.net](mailto:vbutschk@ukr.net), **Євстафієва Ю.М.**, [pp.nika22@ukr.net](mailto:pp.nika22@ukr.net)  
*Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»*

Тваринництво – одна із найдавніших і найважливіших сфер людської діяльності, яка пройшла довгий шлях вдосконалення та впровадження нових технологій, аби досягти максимальної ефективності. У сучасному світі важливу роль в оптимізації усіх сфер діяльності займає впровадження штучного інтелекту. Тваринництво також не стало виключенням і вже зараз новітні технології допомагають фермерам у всьому світі раціоналізувати їх роботу.

Використання штучного інтелекту в організації годівлі сільськогосподарських тварин стає все більш популярним завдяки можливості оптимізації процесів, підвищення ефективності та зменшення

витрат.

В організації годівлі сільськогосподарських тварин застосовують: системи управління годівлею на основі даних, адаптивні системи годівлі, використання сенсорів для моніторингу споживання корму, прогнозування потреб у кормах, аналіз якості кормів, моделювання раціонів, персоналізована годівля.

Щодо систем управління годівлі на основі даних – компаніями розроблено програмне забезпечення, яке аналізує дані про продуктивність тварин, їх вік, вагу та стан здоров'я. На основі цих даних система рекомендує оптимальний раціон для кожної групи тварин, що дозволяє зменшити витрати на корми і підвищити продуктивність.

Адаптивні системи годівлі – ця система використовує алгоритми штучного інтелекту для автоматичного коригування раціону в залежності від змін у потребах тварин, таких як зміна ваги або стадія лактації. Це дозволяє забезпечити більш точну годівлю, що веде до покращення здоров'я та продуктивності тварин.

Використання сенсорів для моніторингу споживання корму – інтелектуальні годівниці, які можуть відстежувати, скільки корму споживає кожна тварина. Наприклад, компанія Ecowool розробила систему, яка використовує датчики для вимірювання кількості корму, що споживається, і на основі цих даних адаптує раціон для кожної тварини.

Прогнозування потреб у кормах – ця система використовує технології GPS та сенсори для моніторингу поведінки тварин. На основі отриманих даних алгоритми прогнозують потреби в кормах, що дозволяє фермерам планувати закупівлі та зберігати запаси кормів.

Використання штучного інтелекту для аналізу складу кормів і їх поживних властивостей. Наприклад, компанії, такі як Pioneer, застосовують технології штучного інтелекту для визначення оптимальних комбінацій інгредієнтів у кормах на основі їх поживної цінності.

Персоналізована годівля – це система, яка забезпечує індивідуальну годівлю тварин на основі їхніх характеристик і потреб. Наприклад, компанія Nutrient Advisors розробила систему, що дозволяє автоматично налаштовувати годівлю відповідно до стану здоров'я і продуктивності тварини.

На сьогодні особливої уваги заслуговує моделювання раціонів – програмне забезпечення, яке використовує алгоритми штучного інтелекту для моделювання різних раціонів на основі потреб тварин і доступних кормів.

Існує кілька популярних програмних засобів для моделювання раціонів молочних корів, які допоможуть фермеру створити оптимальний раціон та використовуються в усьому світі. Наприклад: Dairy Comp 305 – це програмне забезпечення, яке дозволяє фермерам управляти інформацією про стадо, а також аналізувати продуктивність і годівлю корів; Nutritional Data System (NDS) – система, яка дозволяє формувати раціони для молочних корів, враховуючи їхні потреби в поживних речовинах; Dairy Herd Improvement (DHI) Software – програми, які допомагають у моніторингу продуктивності та управлінні раціонами молочних корів Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) – це модель, яка використовується для оцінки потреб у поживних речовинах та оптимізації раціонів для молочних корів; Alltech's Feed Formulation Software – програма, що допомагає у складанні раціонів з урахуванням різних компонентів корму; Ration Balancer Software – різні програми, які дозволяють балансувати раціони для молочних корів.

Штучний інтелект може бути використаний для покращення годівлі сільськогосподарських тварин, підвищуючи ефективність виробництва та забезпечуючи добробут тварин і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.



УДК 614.8:631.3

## **БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПІД ЧАС НАВАНТАЖУВАННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА РОЗДАВАННЯ КОРМІВ**

**Голобокий М.**, студент, **Марчишина Є.**, к.с.г.н., доц.,  
marchyshyna@nubip.edu.ua

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Навантажування кормів механізованим способом повинно відповідати вимогам НПАОП 0.00-1.22-08 «Правила будови і безпечної експлуатації навантажувачів».

Під час зберігання, навантажування і транспортування кормів не можна допускати потрапляння до них сторонніх предметів, які можуть зіпсувати використовуване обладнання, створити аварійну чи

травмонебезпечну ситуації. Під час завантажування сипучих кормів працівникам не повинні перебувати у кузові транспортного засобу.

Розміщуючи вантажопідіймальні машини і механізми на завантажувальних майданчиках, потрібно залишати вільні проходи завширшки не менше 0,8 м для працівників, а для проїзду транспортних засобів - не менше 3,5 м. Під виконання вантажних робіт мобільним навантажувачем працівники повинні узгоджувати всі свої дії з машиністом навантажувача. Місця під'їзду транспортних засобів до завантажувальних механізмів та приймальних бункерів необхідно обладнати відбійними брусами.

Трактор із начіпним навантажувачем для підвищення поздовжньої стійкості, необхідно укомплектовувати бульдозерною навіскою. Трактору з начіпним знаряддям заборонено виконувати навантажувальні роботи на схилах понад 8° (16 %). У зоні дії навантажувачів, фуражирів тощо не повинні перебувати сторонні особи, а також працівників під вантажем і стрілою.

Розробляти скирти, бурти, траншеї та інші місця складування кормів висотою понад 2 м потрібно вертикальними шарами, починаючи з верхньої частини і з краю, не допускаючи зсунення або обвалення частини скирти, бурта, траншеї тощо. Після вжиття необхідних заходів безпеки утворені козирки та навіси корму в скиртах, буртах і траншеях потрібно обвалити.

Транспортні засоби, які встановлено під навантажування (розвантажування), необхідно загальмувати та вжити додаткових заходів, що перешкоджають їх самовільному рухові.

Перед початком транспортування соломи і сіна з полів та луків на кормовий двір необхідно привести у справний стан дороги, переїзди, греблі та насипи, а на небезпечних ділянках встановити відповідні дорожні знаки. У разі виконання транспортних робіт колісними тракторами потрібно їх передні та задні колеса встановити на максимальну колію. Під час ожеледиці та у важкопрохідних місцях дороги на провідні колеса надягають ланцюги проти ковзання.

Щоб піднятися (спуститися) на транспортний засіб, завантажений соломною або сіном, потрібно улаштувати мотуз'яні або приставні драбинами та організувати страхування працівників на них.

На тваринницьких фермах експлуатують мобільні та стаціонарні кормороздавачі. Ремонтують і технічно обслуговують стаціонарні кормороздавачі, вимкнувши рубильник і знявши запобіжники електричного

щита. На щит потрібно повісити плакат з написом «Не вмикати! Працюють люди». Для роз'єднання і з'єднання тягових ланцюгів необхідно мати пристрої, які унеможливають зривання і відкидання інструменту під час ремонту.

На мобільних кормороздавачах потрібно поновлювати написи і знаки, передбачені заводом-виробником. Біля робочих органів кормороздавачів мають бути написи, що забороняють очищення, технічне обслуговування та ремонт, якщо працює двигун трактора.

У свинарниках часто роздають корми за допомогою вагонеток. У разі експлуатації підвісної чи наземної вагонеткової дороги небезпечним є раптове падіння вагонетки чи сходження її з рейкового шляху. Під час розвантажування вагонетки з перевертним кузовом працівник має бути у торці кузова, а його руки не повинні потрапити у зону між рухомими та нерухомими частинами. Переміщують вагонетку штовханням її від себе, не допускаючи перебування людей на шляху руху вагонетки та на вагонетці.

На вагонетці має бути напис про допустиму вантажопідйомність. Заборонено її перевантажувати та експлуатувати підвісну дорогу зі зношеними підвісками, кріпленнями, зварними котками, підіймачами, запірними пристроями кузова та підіймача, а також прогнутими рейками і зазорами їх у місцях стиків.

Після монтажу або ремонту підвісну дорогу випробовують на дію статичного і динамічного навантаження згідно з вимогами експлуатаційної документації.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Хмельовський В.С., Марчишина Є.І., Білько Т.О., Мотрич М.М., Скібчик В.І. Охорона праці. К. Центр учбової літератури. 2021. 594 с.
2. Войналович О.В., Марчишина Є.І. Охорона праці у сільському господарстві. К.: ЦУЛ. 2017. 691 с .



УДК 502.21

## ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ БІОГАЗОВОГО ЗБРОДЖУВАННЯ ОСАДУ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ АКВАКУЛЬТУРИ

Голуб Г.А.<sup>1</sup>, gagolub@ukr.net, Яременко О.А.<sup>2</sup>, oxanalutak@ukr.net

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

<sup>2</sup>Інститут відновлюваної енергетики НАН України

Ринок риби і морепродуктів в Україні в значній мірі є залежним від імпорتنних поставок. Крім того, якість поверхневих вод не завжди відповідає нормам, прийнятим для розведення риби через їх забрудненість стічними водами міст та тваринницьких комплексів. Виходом з даної ситуації може стати використання рециркуляційних системах аквакультури (РСА).

Для забезпечення потреб людства у рибній продукції до 2030 року її річне виробництво повинно зрости до 120 млн. т. В установках аквакультури виробляється більше половини рибної продукції. У сучасних умовах кліматичних змін людство має приділяти максимум уваги ефективному використанню енергії та природних ресурсів. Відомо, що ефективність використання корму (рис. 1) характеризується коефіцієнтом конверсії (відношення кількості витраченого корму до одиниці отриманого приросту маси). Цей коефіцієнт для аквакультури найнижчий (рис. 1).

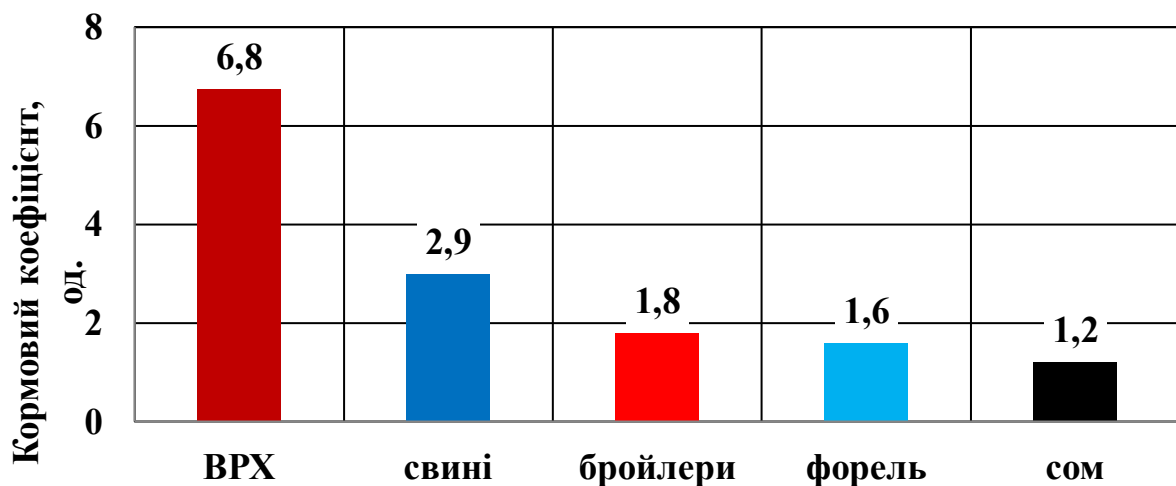
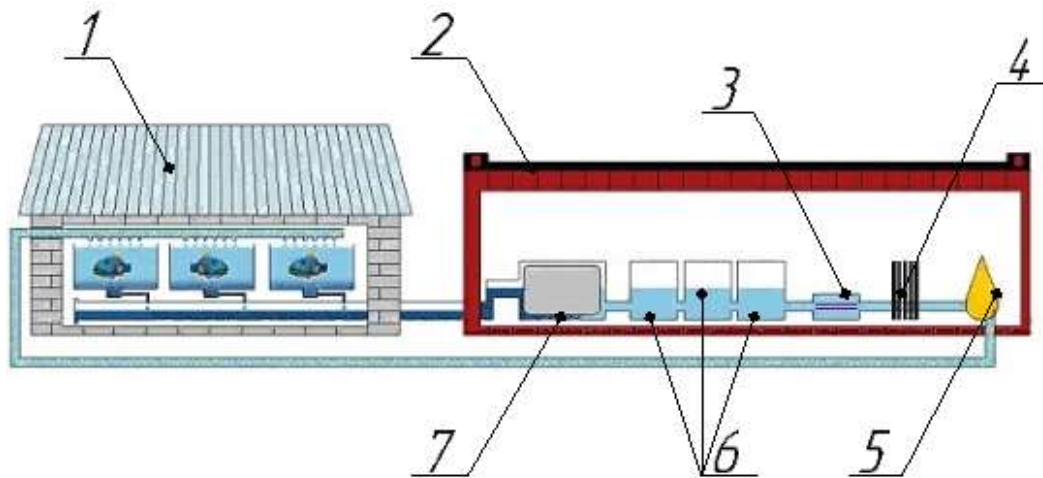


Рисунок 1 – Значення кормового коефіцієнта у тваринництві

Для комплектування РСА використовується спеціальне обладнання, за

допомогою якого очищають відпрацьовану воду і використовують її повторно. Приклад реалізації такої системи приведено на рис. 2.



1 – басейни з рибою; 2 – біофільтр РСА контейнерного типу; 3 – установка ультрафіолетового знезараження води; 4 – теплообмінник; 5 – конусний оксигенатор; 6 – трьохсекційний біофільтр; 7 – барабанний механічний фільтр

Рисунок 2 – Рециркуляційна система аквакультури контейнерного типу [1]

Суттєвим недоліком РСА є те, що при їх використанні відсутня можливість утилізації промивної води та осадів, що утворюється під час роботи РСА на стадії механічної фільтрації води.

Метою досліджень є розробка системи для відстоювання та біогазового зброджування осаду стічних вод систем штучного вирощування риби.

Нашими дослідженнями встановлено, що при часі зброджування 21 доба, питомий вихід біометану під час анаеробної ферментації має оптимальне значення, яке становить 1,48–1,5 м<sup>3</sup> біометану на один кубічний метр біомаси в реакторі за одну добу при періодичності завантаження біогазового реактора один раз за час від 4,5 до 6 діб. Із урахуванням щільності біомаси на рівні 1,05 т/м<sup>3</sup>, питомий вихід біометану становитиме 1,42–1,43 м<sup>3</sup> біометану на одну тону біомаси в реакторі за одну добу.

Приклад розрахунку об'єму відстійників, виходу осадів та показників біотехнологічного процесу приведена на рис. 3.

Таким чином при, обсязі стічної змивної води механічних фільтрів 3 л/хв, кількість осаду, який потребує подальшої утилізації становить 49,7 м<sup>3</sup>/рік. Це становить біля 3 % від загального обсягу стічної змивної води механічних фільтрів.

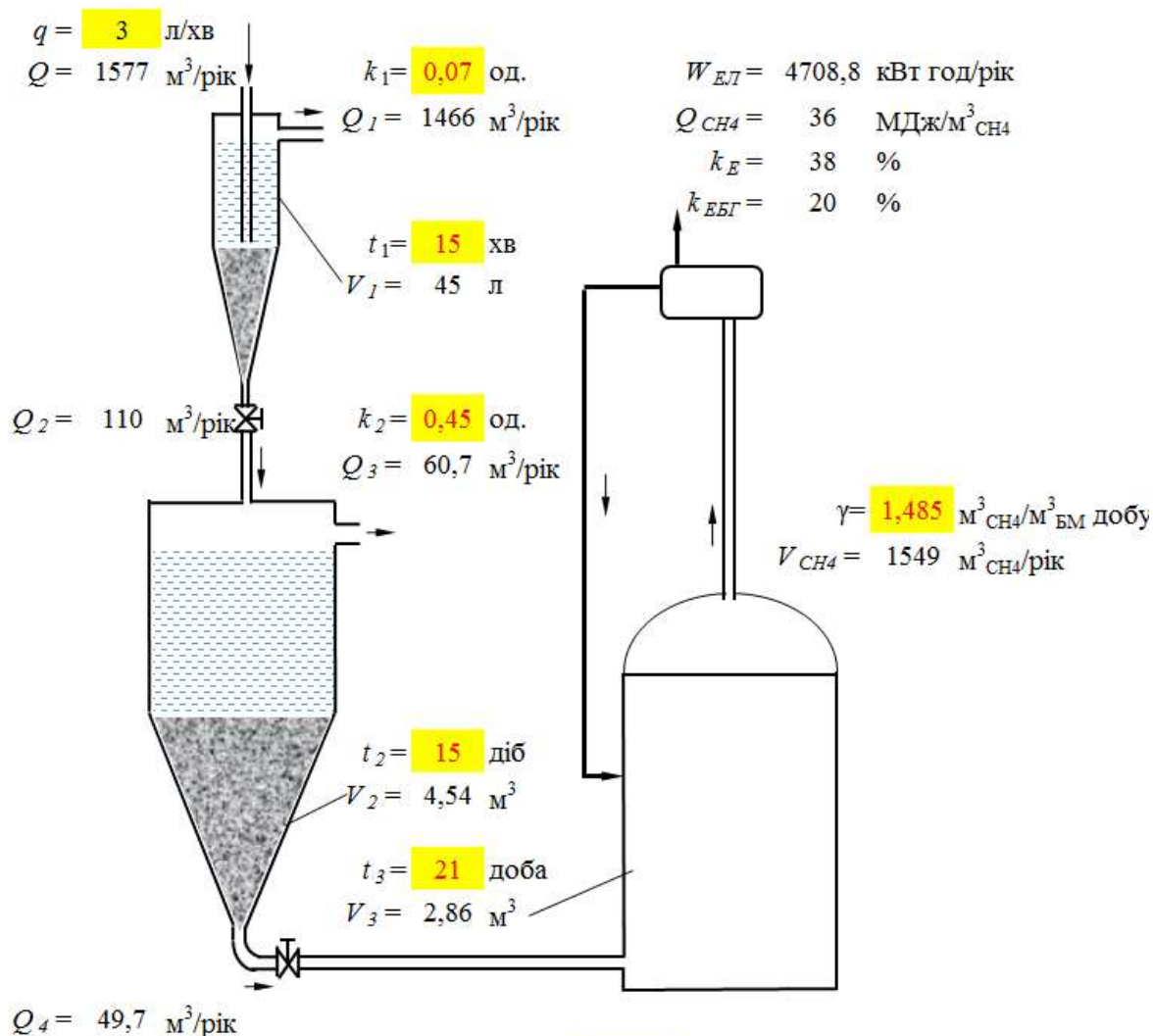


Рисунок 3 – Схема та показники біотехнологічного процесу переробки стічної змивної води механічних фільтрів

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Установки замкнутого водоснабження для rybних хазяйств от «Aqua Plast» [Електронний ресурс]. – Електрон. дані. – 2018. – Режим доступу: [http://www.stroy.kg/promyshlennoe-oborudovanie/fish\\_industry/502-uzv-dlya-ribnih-hozyaystv.html](http://www.stroy.kg/promyshlennoe-oborudovanie/fish_industry/502-uzv-dlya-ribnih-hozyaystv.html). – Назва з екрану. – Дата перегляду: 13.03.2018.



УДК 614.8:631.3

## ОСНОВНІ ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ПІД ЧАС ПРИГОТУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ КОРМІВ І КОРМОСУМІШЕЙ

**Гончаров В.**, студент, **Марчишина Є.**, к.с.г.н., доц.,  
marchyshyna@nubip.edu.ua

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Комбікорми – це сухі кормові суміші, збалансовані за вмістом поживних речовин. Комбікорми виготовлюють у вигляді подрібненої до необхідних розмірів суміші, гранул, крупки та інших форм. Керування операціями приготування комбікормів - подрібненням, сушінням, тепловим та хімічним оброблянням, дозуванням, змішуванням (шнековий змішувач - рис. 1), гранулюванням (прес-гранулятор - рис.2), екструдкуванням (прес-екструдер - рис. 3) повинно бути дистанційним, із загального пульта керування.



Рисунок 1 – Змішувач кормів шнековий ШСК-2,3



Рисунок 2 – Прес-гранулятор ПГ-660

Під час проведення технічного обслуговування та ремонту необхідно передбачити можливість місцевого керування окремими агрегатами. На обладнанні та механізмах, робота яких супроводжується інтенсивними шумом і вібрацією, що перевищують допустимі санітарні норми, потрібно улаштувати ізолювальні пристрої, встановлювати їх на віброізолювальній основі або в ізолюваних приміщеннях.



Рисунок 3 – Прес-екструдер ПЭ-1250У

У разі перероблення кормів із виділенням пилу необхідно герметизувати всі місця і джерела пилоутворення, забезпечивши видалення пилу за межі приміщення. Вентиляційну систему потрібно вмикати ще до початку роботи технологічної лінії і вимикати через 3 хв після зупинення лінії.

Зерно та інші компоненти кормів перед переробленням потрібно очистити від металевих та інших домішок. Рідкі компоненти комбикормів вносять за допомогою шлюзових затворів або дозаторів, що запобігають їх розбризкуванню. Якщо використовують компоненти з різким неприємним запахом (білкові, мінеральні, лікарські домішки), то обов'язково потрібно вмикати загальну або місцеву систему вентилявання. Щоб зменшити пилоутворення під час вільного падання сухих кормів з напрямних жолобів або транспортерних стрічок, використовують спускні рукави, фартухи тощо.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Хмельовський В.С., Марчишина Є.І., Білько Т.О., Мотрич М.М., Скібчик В.І. Охорона праці. К. Центр учбової літератури. 2021. 594 с.
2. Войналович О.В., Марчишина Є.І. Охорона праці у сільському господарстві. К.: ЦУЛ. 2017. 691 с .



УДК 664.7:534.222

## **РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОКАЗНИКІВ ЗЕРНА ПІСЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ**

**Грабар І.Г.**, д.т.н., професор, [ivan-grabar@ukr.net](mailto:ivan-grabar@ukr.net),

**Чередник К. Ю.**, здобувач освіти

*Поліський національний університет, м. Житомир*

Теоретичними дослідженнями встановлено основні закономірності процесів масопередачі, інтенсифікованих акустичними коливальними рухами. Визначено інтервальні граничні значення амплітуди, частоти, інтенсивності та часу ультразвукових впливів [1, 2].

Експериментальні дослідження показали, що шляхом ультразвукового впливу досягаються високі показники очищення та спостерігається початок лущення оболонки зерна. Це пояснюється тим, що ультразвук сприяє виникненню потужних мікроударних хвиль і мікропотоків, які породжуються пульсуючими кавітаційними бульбашками, що схлопуються.

Пульсуючі багаторазові гідродинамічні кумулятивні мікропотоки при схлопуванні кавітаційних бульбашок відокремлюють від поверхні зерна забруднення, а також викликають часткове відшаровування плодової оболонки від алейронового шару. Час і енерговитрати на проникнення вологи в алейроновий шар і ендосперм зерна значно, у кілька разів, скорочуються завдяки інтенсивному зародженню та утворенню мережі мікротріщин, які вбирають у себе вологу, що безперервно спрямовується пульсуючими мікропотоками.

Ця обставина також свідчить про інтенсифікацію процесу зволоження структури зерна шляхом збільшення рушійної сили масопередачі за рахунок дії пульсуючих мікропотоків.

Виходячи з проведених розрахунків, встановлено раціональні режимно-конструктивні показники, що стали основою для експериментальних досліджень параметрів підготовки зерна до помелу (табл. 1). Під час експериментальних досліджень з метою визначення раціональних технологічних режимів інтенсифікації процесу відволоження зерна вивчали інтервали температури нагрівання води – 20 °С, 25, 30, 40 °С при змінній частоті ультразвуку 18 кГц, 18,15; 18,3;

18,5 кГц і тривалості УЗ-обробки 20 с, 40, 60, 80 с. На рис. 1, 2, 3 наведено зразки зерна до та після акустичної обробки.

Таблиця 1 – Зведені розрахункові режимно-конструктивні параметри установки для обробки зерна

Параметр	Значення	Параметр	Значення
Максимальний радіус кавітаційні порожнини $R_{\max}$ , м	0,00123	Інтенсивність УЗ-хвиль $I$ , Вт/см <sup>2</sup>	0,99
Кавітаційна область $E_{об}$ , Дж	$0,77 \cdot 10^{-3}$	Направлення поширення УЗ-хвиль $\beta$ , град.	30
Частота УЗ-коливань $f$ , кГц	18	Довжина установки $h$ , м	1,1
Довжина хвилі $\lambda$ , м	0,083	Діаметр камери УЗ-обробки, м	0,4
Амплітуда УЗ-коливань $A$ , м <sup>3</sup>	1,22	Об'єм камери УЗ-обробки $V_k$ , м <sup>3</sup>	0,138
Відстань від джерела УЗ- коливань, м	0,6	Діаметр джерела УЗ, м	0,2
Коефіцієнт поглинання УЗ-хвиль $\alpha$	$64 \cdot 10^3$	Кількість джерел УЗ, од.	6



а

б

а – обробленого акустичною кавітацією у воді; б – необробленого

Рисунок 1 – Стан поверхні зерна (4×)

Вплив пульсуючих мікропотоків на зерно призводить до утворення в ньому мікротріщин, які заповнюються водою, викликаючи його набухання

та надрив оболонки, що в кілька разів підсилює процес масопередачі та, відповідно, відволожування (див. рис. 2).



Рисунок 2 – Зерно, оброблене ультразвуком із частотою 18 кГц протягом 30 с (4×)

Дослідженнями встановлено, що збільшення частоти та інтенсивності ультразвуку призводить до руйнування плодової оболонки й пошкодження поверхні зерна (див. рис. 3), що є небажаним.



Рисунок 3 – Зерно пшениці після впливу ультразвуку з частотою 20 кГц та інтенсивністю 3 Вт/см<sup>2</sup> у воді (4×)

Вагому роль при оцінюванні якості борошна відіграє чистота поверхні оболонки зерна та наявність слідів зараженості, накопичувачами яких є борозенка і борідка. Вони повинні перебувати в ідеальному стані. З цією метою перевіряли якість очищення та профілактичної обробки зерна під час його підготовки до зберігання [1]. На поверхні зерна пшениці виділяють кілька типів забруднень: мінеральні частинки (пил, пісок), органічні

залишки (солома, частинки плевел), мікроорганізми (бактерії, грибки) та хімічні забруднювачі (залишки пестицидів). Адгезія цих забруднень варіюється від 5 до 1000 Па залежно від їхньої природи, розміру частинок і локалізації на зерні. Найбільшу міцність зчеплення демонструють мікроорганізми – до 1000 Па в області борозенки та борідки, де щільність мікробіологічного забруднення сягає  $10^6$  КУО/см<sup>2</sup>. Щільність розподілу мінеральних домішок становить 0,8–1,2 мг/см<sup>2</sup>, при цьому до 70 % концентрується в борозенці та борідці зерна.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Guimarães B., Carregari Polachini T., Pedro E.D. Augusto b c, Javier Telis-Romero Ultrasound-assisted hydration of wheat grains at different temperatures and power applied: Effect on acoustic field, water absorption and germination. Chemical Engineering and Processing - Process Intensification. Vol. 155. 2020. 108045. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.108045>.

2. Naumenko N., Potoroko I., Kalinina I., Naumenko E., Ivanisova E. The Effect of Ultrasonic Water Treatment on the Change in the Microstructure of Wheat Grain, Dough, and Wheat Flour Bread. Int J Food Sci. 2022 Jan 29;2022:1986438. doi: 10.1155/2022/1986438.



УДК 639.3:57.087.1

### УМОВИ УТРИМАННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ НА РИБНІЙ ФЕРМІ

**Грабар І.Г.**, д.т.н., професор, [ivan-grabar@ukr.net](mailto:ivan-grabar@ukr.net)

**Талько Я.Л.**, здобувач освіти

*Поліський національний університет, м. Житомир*

У період адаптації риба утримувалася в басейнах УЗВ об'ємом 3000 л із системами механічної та біологічної фільтрації та щоденною підміною 10 % води (рис. 1, г). Для проведення експериментів використовувалися дві лінії басейнів об'ємом 750 літрів (рис. 1, а).



(а, б) – баки для проведення експериментальних робіт, лінія 4+1 з баками об'ємом 750 літрів (усього 12 баків); (в, г) – ємності для утримання риб об'ємом 3000 л

Рисунок 1 – Інфраструктурний ресурс для проведення експериментів

Експериментальна установка, у якій відбувалася акліматизація особин райдужної форелі перед початком експерименту, являє собою «Універсальний мультипрофільний стенд аквабіотехнологій» із загальним водним об'ємом 22 м<sup>3</sup> – прототип науково-експериментального обладнання, організований на напірному магістральному водопостачанні (5–7 % витрати після заповнення системи водою) та оборотному водопостачанні за замкненою схемою (із системами механічного, біологічного та бактерицидного очищення) (рис. 2).



Рисунок 2 – Рибний модуль «Універсального мультипрофільного стенда аквабіотехнологій» УНУ, у якому проходила підготовка форелі до експерименту

Стенд являє собою єдиний універсальний дослідно-експериментальний комплекс для мультипрофільних досліджень, дослідів і експериментів, створення та апробації технологій на модельних аквакультурних розчинах, живих гідробіонтах, нижчій водній рослинності та органічних відходах життєдіяльності риб, а також у дослідженні гідроекологічних ризик-факторів гідробіосистем, спеціалізованих рішень для окремих видів аквакультури, систем рибозахисту та біобезпеки.

Контроль основних гідрохімічних параметрів води та їх відповідність основним рибницьким нормативам вирощування райдужної форелі здійснювався протягом усього періоду експерименту. Повний гідрохімічний аналіз води проводився один раз на 7 діб.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Шевченко В.Ю. Аквакультура перспективних об'єктів: навчальний посібник. Херсон: 2018. 402 с.



УДК 631.372:531.36

## ОГЛЯД КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ, ЩО КОМПЕНСУЮТЬ НЕКЕРОВАНЕ ВІДХИЛЕННЯ РУХУ ТРАКТОРА

Грудовий Р.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Брикуля В.А.<sup>1</sup>, здобувач освіти  
Шевчук О.А.<sup>2</sup>, викладач

<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, dgs-ua@ukr.net

<sup>2</sup>Житомирський агротехнічний фаховий коледж

Оскільки питанням курсової стійкості вже давно приділяється значна увага, існує низка технічних рішень, призначених для стабілізації прямолінійного руху.

В роботі [1] запропонував додатковий підкермовувальний пристрій, який безпосередньо впливає на орган керування (рис. 1). Запропонований механізм являє собою додаткову зубчасту передачу і призначений для підкермовування колісного трактора.



Рисунок 1 – Підкермовувальний пристрій

В роботі [2] запропоноване конструктивне рішення для поліпшення керованості руху трактора на підвищених швидкостях (рис. 2).

Стабілізатор дозволяє збільшити бічні реакції ґрунту, тим самим забезпечуючи можливість прямолінійного руху. Однак питання щодо раціональної глибини занурення та параметрів (діаметра) запропонованого пристрою залишилося невивченим.

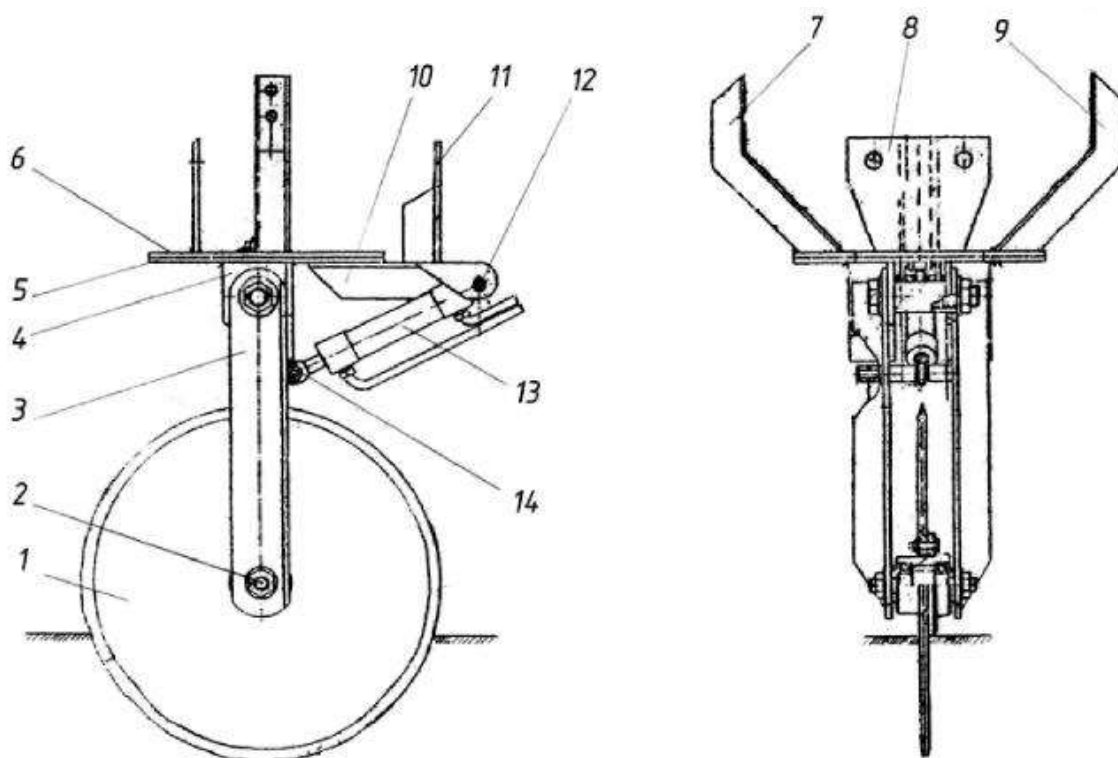


Рисунок 2 – Стабілізатор прямолінійного руху трактора

Аналогічний пристрій, що підвищує опір боковому некерованому відхиленню коліс трактора від заданої прямолінійної траєкторії, описано в роботі [3] (рис. 3).

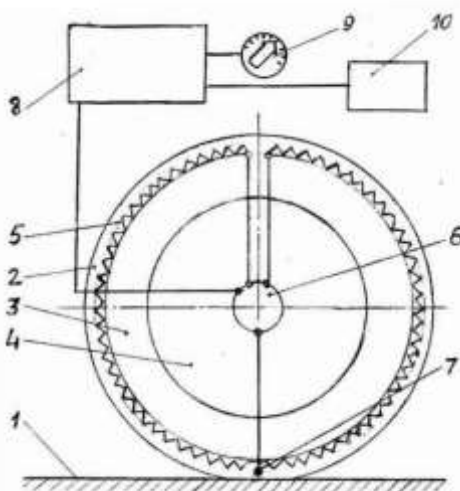


Рисунок 3 – Спосіб підвищення зчеплення шин трактора з ґрунтом

Механізм дозволяє регулювати глибину занурення, яка може коригуватися оператором безпосередньо на місці. Такий спосіб авторами розглядається як гідна розробка порівняно з іншими конструктивними методами підвищення зчеплення.

Незважаючи на велику кількість запропонованих технічних рішень, усі вони стосуються конструкції робочого знаряддя окремо від базової машини, що, на нашу думку, є не зовсім правильним. Відсутність повноцінних досліджень некерованих відхилень машинно-тракторного агрегату під дією зовнішніх позацентрових сил дала змогу сформулювати мету та завдання дослідження.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Pearson P., Reed J. Modeling and validation of hitch loading effects on tractor yaw dynamics. *Journal of Terramechanics*, 2008; 45(2): 55–64.
2. Miao H., Li S., et al. Decoupling control for longitudinal and lateral motion of a self-driving tractor. *Scientific Reports*, 2022; 12: 14655.
3. Tekeste M.Z., Kushwaha R.L., et al. Discrete element modeling of cultivator sweep-to-soil interaction. *Journal of Terramechanics*, 2019; 81: 57–70.



УДК 631.331.2

### ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПУ РОБОТИ СОШНИКА ДЛЯ ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО РОЗКИДНОГО ПОСІВУ

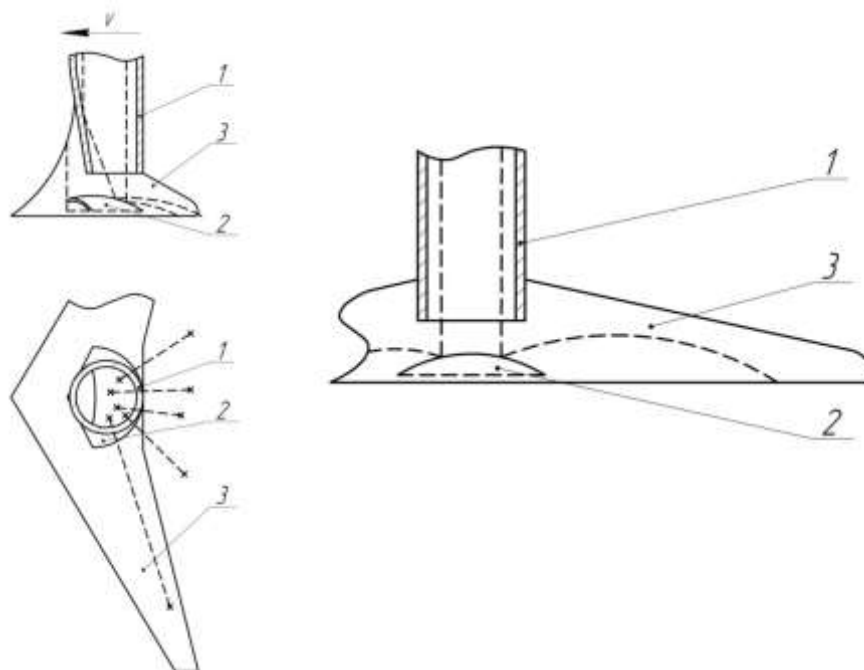
**Грудовий Р.С.<sup>1</sup>**, к.т.н., доцент, **Размахін Д.В.<sup>1</sup>**, здобувач освіти,  
**Сілецький Д.В.<sup>1</sup>**, здобувач освіти, **Груницький М.Р.<sup>1</sup>**, здобувач освіти  
**Шевчук О.А.<sup>2</sup>**, викладач

*Поліський національний університет, м. Житомир, dgs-ua@ukr.net*

*Житомирський агротехнічний фаховий коледж*

У технологічному процесі розподілу насіння в підсошниковому просторі вирішальну роль відіграватимуть конструктивні особливості розподільного пристрою, пружні властивості насіння та швидкість удару зерна об розподільний елемент.

Сошник для розкидного висіву (рис. 1) складається з порожнистої стійки 1, що має сплющену форму в поперечному перерізі, напівсферичного розподільника 2, який забезпечує розподіл насіння по всій ширині засіваної смуги, та екстирпаторного лемеша 3.



1 – насіннепровід; 2 – розподільний елемент; 3 – екстирпаторний леміш

Рисунок 1 – Схема конструкції сошника для розкидного висіву

Сошник працює таким чином. Висівний матеріал через порожнисту стійку 1, що має неправильну форму в перерізі, надходить на розподільний елемент, який розкидає посівний матеріал під крила екстирпаторного лемеша на всю його ширину.

Зміна конструкції сошника дає змогу висівати різні види зернобобових культур, а також рівномірно розподіляти насіння по площі поля без незасіяних проміжків між ними, що сприяє ефективному росту і розвитку рослин.

Фізико-механічні властивості насіння зернових культур безпосередньо впливають на процес висіву та розподілу насіння в підсошниковому просторі сошника.

У зв'язку з цим, для подальших теоретичних розрахунків процесу розподілу насіння в підсошниковому просторі та обґрунтування конструктивних параметрів утворювальної поверхні розподільника, необхідно детальніше розглянути фізико-механічні властивості посівного матеріалу, що використовується під час внутрішньогрунтового розкидного висіву зернових культур.



УДК 629.114.2:534.1

## **РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ДИНАМІЧНОЇ КОЛИВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ**

**Дерев'янку Д.А.**, д.т.н., професор,  
**Бродовський Д.О.**, здобувач освіти, **Білоусов О.В.**, здобувач освіти  
*Поліський національний університет, м. Житомир*

З проведених раніше досліджень [1, 2, 3,], можна виділити такі способи зменшення інтенсивності коливань у системі:

1. Зниження віброактивності джерела коливань – зменшення рівнів механічних впливів, що збуджуються джерелом. Для цього здійснюють урівноваження важільних механізмів і балансування роторів.
2. Внутрішній віброзахист об'єкта – зміною конструкції об'єкта, за якої задані механічні впливи викликають менш інтенсивні коливання об'єкта або окремих його частин.
3. Динамічне гасіння коливань – приєднанням до об'єкта динамічного гасника коливань, тобто додаткової динамічної системи, яка змінює характер коливань основної системи.

Вхідним сигналом у даній моделі є недеформівний ґрунт, однак найбільш точним методом розрахунку є польові вимірювання ґрунту під час проходження по ньому ТТС (транспортно-технологічного засобу) та зняття характеристики залежності щільності й висоти нерівностей від частоти. Подальші аналізи передбачають розробку математичної моделі ґрунту як в'язкопластичного тіла, що враховує такі параметри, як: внутрішнє зчеплення в ґрунті, товщина м'якого шару, модуль деформації, вологість і щільність.

У даній моделі трактор розглядається як динамічна система, що являє собою пов'язані (елементами підресорювання) системи, які надають пружність ( $c$ ) і ( $k$ ) – демпфувальні системи. У цій постановці коливальна модель трактора розглядається як стаціонарна система з варійованим коефіцієнтом жорсткості передньої підвіски, однак таким, що не змінюється в часі з точки зору подолання одиничної нерівності (тобто стійка щодо прикладеного впливу).

Розрахунок проводився з урахуванням технологічних процесів

виконання сільськогосподарських операцій: оранка лемішним навісним чотирікорпусним плугом ПЛН-4-35, призначеним для виконання оранки під зернові та технічні культури, а також у транспортному режимі.

Під час складання динамічної моделі враховувалися вертикальні коливання, оскільки вони вносять найбільш суттєвий внесок як у навантаженість конструктивних елементів трактора, так і впливають на комфорт та стан оператора [1]. У розрахунках розглядалися поздовжні коливання, при цьому рухи у поперечній площині не враховувалися (рис. 1). Даний трактор має класичну компоновальну схему, без підресорювання заднього моста (рис. 2). Для порівняльного аналізу також використовувалася схема з додатковим підресорюванням заднього моста, наведена на рис. 3.

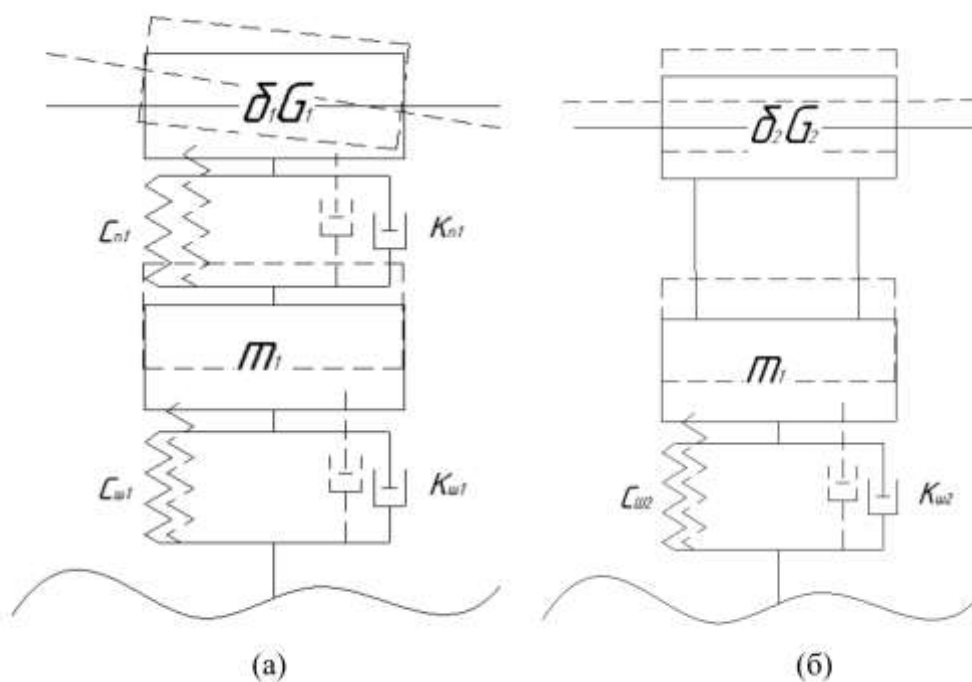


Рисунок 1 – Дискретні моделі передньої (а) та задньої підвісок трактора (б) з кутом тангажу при подоланні одиничної нерівності

Подальше розв'язання системи рівнянь зводиться до пошуку потенційної енергії на відріжку  $t_2 - t_1$ . Загальна методика розв'язання ґрунтується на рівнянні Даламбера – Лагранжа другого роду. Для знаходження потенційної енергії використаємо принцип Гамільтона:

$$S = \int_{t_1}^{t_2} (T - \Pi) dt$$

де:  $T$ ,  $\Pi$  – кінетична та потенційна енергії системи, Дж.

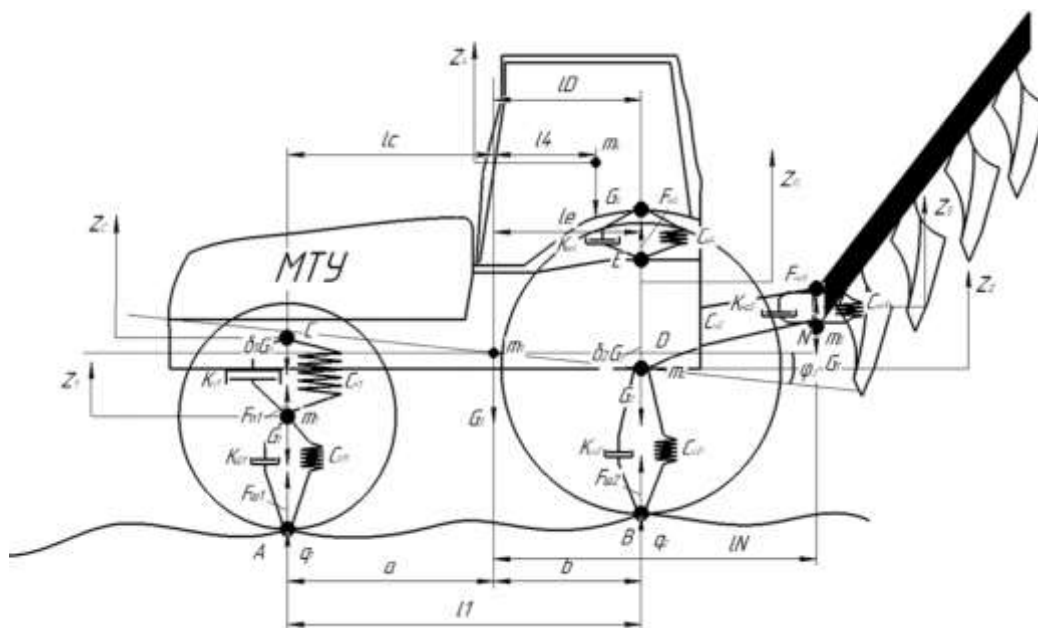


Рисунок 2 – Розрахункова схема коливальної системи МЕЗ з невіднесеним заднім мостом

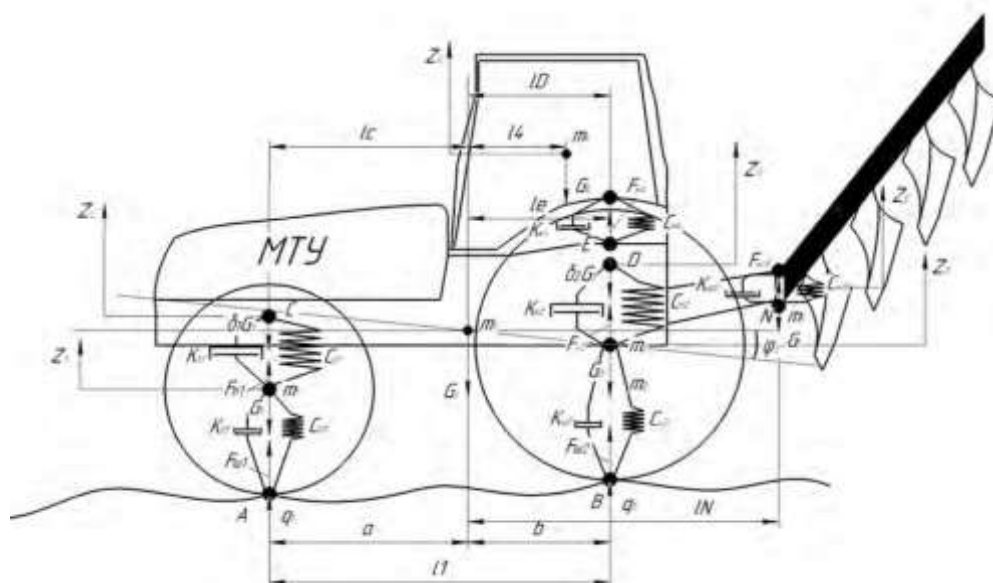


Рисунок 3 – Розрахункова схема коливальної системи МЕЗ з віднесеним заднім мостом

До розрахункової схеми входять такі параметри:  $m_1$  – маса переднього моста;  $m_2$  – маса заднього моста;  $m_3$  – маса остова;  $m_4$  – маса кабіни;  $m_5$  – маса навісного обладнання;  $G_1$  – вага переднього моста;  $G_2$  – вага заднього моста;  $G_3$  – вага остова;  $G_4$  – вага кабіни;  $G_5$  – вага навісного обладнання;  $Z_1$  – вертикальне переміщення точки переднього моста;  $Z_2$  – вертикальне переміщення точки заднього моста;  $Z_3$  – вертикальне переміщення остова;

$Z_4$  – вертикальне переміщення кабіни;  $Z_5$  – вертикальне переміщення навісного обладнання;  $F_{ш1}$  – зусилля, що виникає в місці контакту переднього колеса з опорною поверхнею;  $F_{ш2}$  – зусилля, що виникає в місці контакту заднього колеса з опорною поверхнею;  $F_{п1}$  – зусилля, що виникає у передній підвісці;  $F_{п2}$  – зусилля, що виникає у задній підвісці;  $F_{к4}$  – зусилля, що виникає у місці встановлення кабіни;  $F_{но5}$  – зусилля, що виникає в системі навісного технологічного обладнання;  $C_{ш1}$  – радіальна жорсткість передньої шини;  $C_{ш2}$  – радіальна жорсткість задньої шини;  $C_{п1}$  – жорсткість передньої підвіски;  $C_{п2}$  – жорсткість задньої підвіски;  $C_{к4}$  – жорсткість системи підресорювання кабіни;  $C_{к5}$  – жорсткість навісного обладнання;  $\delta_1$  – частка ваги, що згідно з процентним розподілом МЕС припадає на передній міст;  $\delta_2$  – частка ваги, що згідно з процентним розподілом МЕС припадає на задній міст;  $a$  – відстань від центра мас МЕЗ до передньої осі;  $b$  – відстань від центра мас МЕЗ до задньої осі;  $l_c$  – відстань від вузла кріплення системи підресорювання переднього моста до остова;  $l_D$  – відстань від вузла кріплення системи підресорювання заднього моста до остова;  $l_E$  – відстань від нижньої точки вузла кріплення системи підресорювання кабіни до центра мас МЕС;  $l_N$  – відстань від центра мас знаряддя до центра мас МЕЗ (нижня точка кріплення);  $l_5$  – відстань від центра мас знаряддя до центра мас МЕЗ;  $l_1$  – база МЕЗ;  $r_{стп}$  – статичний радіус переднього колеса;  $r_{стз}$  – статичний радіус заднього колеса.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Melzi S., Negrini S., Sabbioni E. Numerical analysis of the effect of tire characteristics, soil response and suspensions tuning on the comfort of an agricultural vehicle. *Journal of Terramechanics*. Vol. 55. 2014, P.17-27. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2014.05.001>.
2. Edwin P., Shankar K., Kannan K. Soft soil track interaction modeling in single rigid body tracked vehicle models. *Journal of Terramechanics*. Vol. 77. 2018. P. 1-14.
3. Madsen J., Negrut D. Alexander R. A Physics-Based Vehicle/Terrain Interaction Model for Soft Soil Off-Road Vehicle Simulations. *SAE International Journal of Commercial Vehicles* 5(1):280-290.



УДК 631.531:631.3

## СПОСОБИ МЕХАНІЗОВАНОГО РОЗМІЩЕННЯ НАСІННЯ ПО ПОСІВНІЙ ПЛОЩІ

Дерев'янюк Д.А.<sup>1</sup>, д.т.н., професор, Кінерт В.В.<sup>1</sup>, здобувач освіти  
Шевчук О.А.<sup>2</sup>, викладач

<sup>1</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, avi\_77@ukr.net

<sup>2</sup>Житомирський агротехнічний фаховий коледж

Застосовуючи нову агротехніку вирощування культур, люди стикалися з незрозумілими на рівні їхніх знань явищами змін морфологічного та фенологічного типу рослин, зростання або зниження їх урожайності. У літературі відомі випадки, коли ці явища приписувалися проявам «вищого розуму», «психізму рослин» або навіть магічним явищам, тобто принципи та спрямованість змін урожайності й якості врожаю не мали раціонального пояснення.

Посівні машини у створенні технологій, що враховують біологічні особливості культур, посідають особливе, найвідповідальніше місце. Високопродуктивний посів характеризується оптимальною для певних екологічних умов і сорту густотою стеблостою, високою вирівняністю, добрим розвитком усіх рослин, що значною мірою визначається рівнем агротехніки на початкових етапах формування посіву. Загущені посіви підвищують ризик поширення грибкових і вірусних захворювань. Використання засобів захисту рослин від хвороб і шкідників, а також внесення добрив дає найкращий ефект на рівномірно розміщених і вирівняних за розвитком посівах. Традиційне рядкове розміщення рослин у посівах не забезпечує раціонального надходження фотосинтетично активної радіації до всіх рослин, оскільки потік світлової енергії не найкращим чином розподіляється в товщі посіву. Схожість насіння і виживаність рослин при збільшенні відстані між насінинами від 1 до 10 см зростає з 41 до 71 % і з 76 до 91 % відповідно. Лише через нерівномірне розміщення рослин по площі поля народне господарство країни втрачає до 20 % зерна [1, 2].

Приклади свідчать про те, що конструкція посівної машини не завжди відповідає вимогам культур щодо забезпечення розміру та форми площі живлення. Відомо, що міжряддя зернових сівалок здебільшого вибиралися, виходячи з умов проходження робочих органів у ґрунті без їх забивання.

Міжряддя просапних сівалок у 70 см також не відповідають біологічним вимогам культур (приклади та розрахунки буде наведено нижче). Їхні параметри встановлювалися з урахуванням можливості проведення культивування посівів на підвищених швидкостях – до 15 км/год. Згодом, без серйозного агротехнічного обґрунтування, цей шаблонний інтервал був закріплений у конструкції нових машин. Унаслідок зміщення рядків форма площі живлення основних просапних культур (кукурудзи та соняшник)у була спотворена, що призвело до погіршення умов формування врожаю.

Поряд із цим існує думка, що міжряддя 70 см спочатку було обране, виходячи з можливості проходження коня між рядками без пошкодження рослин під час роботи з ручним культиватором.

В агрономічній літературі зустрічаються поняття «суцільний посів», «широкострічковий посів», «рядковий посів» тощо. Досить часто при характеристиці посівів вказується їх тип як «багаторядковий», «дворядковий», «вузькорядний» і подібні. Нерідко один і той самий посів у різних джерелах подається під різними назвами і навпаки – під однією назвою можуть розумітися різні схеми розміщення рослин або насіння.

Очевидно, що плутанина у поняттях способу дозування, способу висіву, схеми посіву та схеми розміщення насіння виникає через відсутність чіткого теоретичного осмислення питань, пов'язаних із описом розміщення рослин і створюваних схем посіву, що узгоджується з тим, про що йшлося вище.

Не менш розмитими та неконкретними є поняття, що стосуються розміщення рослин у науках біологічного спрямування.

На завершення слід відзначити найважливіші аспекти викладеного:

1. Раціонального, науково доведеного пояснення змін величини та якості врожаю на рівні підтверджених фактами науково-дослідних робіт не існує. Є численні спостереження та опосередковані дані, що свідчать про важливу роль розміщення рослин по площі поля.

2. Існуючі уявлення про способи формування посівів за допомогою посівних машин відображають суперечність між технологічними вимогами до конструкцій машин і біологічними потребами рослин у раціональному взаємному розміщенні, необхідному для отримання максимального врожаю.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Лузан В., Сало Л. Машини для сіви, садіння та догляду за посівами: навчальний посібник. Кропивницький: Лисенко В.Ф., 2022. 220 с.

2. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко В.В. Сільськогосподарські машини : підручник Київ : Агроосвіта. 2015. 679 с.



УДК 631.372.5:631.365

## **АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ І СИЛОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ІЗ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ АКСІАЛЬНО-РОТОРНОГО МОЛОТИЛЬНО- СЕПАРУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ТИПУ**

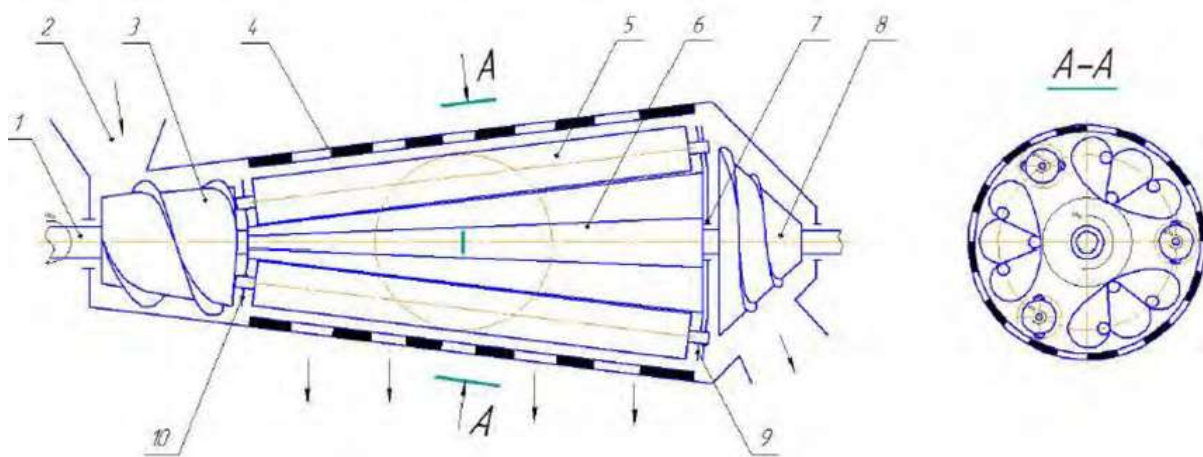
**Дерев'янюк Д.А.**, д.т.н., професор, [derevyanko.dmutro@gmail.com](mailto:derevyanko.dmutro@gmail.com),

**Нонік Д.М.**, здобувач освіти

*Поліський національний університет, м. Житомир*

Виконаний аналіз впливу окремих конструктивних і кінематичних параметрів молотильно-сепарувального пристрою (МСУ) на якісні та енергетичні показники технологічного процесу виділення насіння, а також запропонована нами класифікація способів обмолоту різними конструкціями молотильних пристроїв зернових культур стали основою для розроблення та створення принципової схеми молотильно-сепарувального пристрою, наведеної на рис. 1.

Молотильно-сепарувальний пристрій, захищений патентами, працює таким чином. Під час обертання опорно-привідного вала – 1 зернова рослинна маса через завантажувальну воронку – 2 за допомогою шнека-живильника – 3 подається у молотильний зазор між конічним решетом підбою – 4 та ротором із планетарними вальцями з бичами – 5 і пружно-демпфувальним робочим органом – 6. У результаті ударної дії бичів, розташованих діаметрально протилежно на планетарних вальцях, руйнуються зв'язки зерна з бобами. Відбувається стиснення шару пружно-демпфувальним робочим органом, після чого бичі захоплюють ворох, забезпечуючи його спіралеподібний рух до виходу, де розміщено вороховідвідний шнек – 8. Унаслідок пружних властивостей матеріалу товщина шару частково відновлюється, а просторова решітка шару збільшується.



- 1 – опорно-приводний вал аксіального ротора; 2 – завантажувальна воронка; 3 – шнек-живильник; 4 – конічне решето підбою; 5 – планетарний вальць із бичами; 6 – пружно-демпфувальний робочий орган; 7 – планетарний привід; 8 – вороховідвідний шнек; 9 і 10 – диски-води́ла з підшипниками

Рисунок 1 – Принципова схема молотильно-сепарувального пристрою

Планетарний привід – 7 та диски-води́ла – 9 і 10 захищені огорожувальними щитками, що унеможливають потрапляння до них вороху рослинної маси.

Решітчасте підбарабання виконано у формі зрізаного конуса з кутом твірної близько  $80^\circ$ , при цьому кут охоплення ротора становить  $360^\circ$ . Каркас сепаратора послідовно зібраний із планок прямокутного перерізу та поздовжніх круглих прутків, між якими розташовані поперечні прутки, що утворюють просторову решітку зі змінним живим перерізом від входу до виходу; форма отворів — трапецієподібна.

Із усього різноманіття механічних впливів (стискання, тертя, зсув, вільний та невільний удар тощо) у молотильних апаратах найпоширенішими є саме ударні дії. Тому надзвичайно важливо знати гранично допустиму силу зіткнення робочого органу із зерном.

Числове значення сили удару має забезпечувати руйнування бобів, але не перевищувати межі міцності насіння за динамічного навантаження. Під час удару пружно-пластичних тіл, до яких належать і насіння гороху та сої, об жорстку поверхню у зіткнених тілах виникають пластичні та пружні деформації.

Однак пластична складова сили удару за своєю величиною є значно меншою за пружну і становить лише 5–7 % від загальної сили удару.

Тому надалі, під час теоретичного аналізу, ми враховуватимемо лише пружну складову сили удару, приймаючи її за повну силу при динамічному навантаженні зерна.

Під час обмолоту насіння зернових культур зазнає ударних навантажень як з боку бичів ротора так і внаслідок зіткнення одне з одним та з планками підбарабання.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Long S., Shaw L. Grain separation and damage of an axial-flow combine (IH 1460). Transactions of the CSBE, 34(1), 1992. P. 49–55. URL: [https://library.csbe-scgab.ca/docs/journal/34/34\\_1\\_49\\_ocr.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://library.csbe-scgab.ca/docs/journal/34/34_1_49_ocr.pdf?utm_source=chatgpt.com).

2. Jayasuriya H. Evaluation and modeling the mechanical damage to seeds. WAMS Proc., 2012. URL: [https://www.msc-les.org/proceedings/wams/2012/WAMS2012\\_1.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.msc-les.org/proceedings/wams/2012/WAMS2012_1.pdf?utm_source=chatgpt.com)



УДК 636.2.082.2

## СУЧАСНИЙ СТАН ТА МЕХАНІЗАЦІЯ ПІДГОТОВКИ НЕТЕЛІВ ДО ЛАКТАЦІЇ

Добранський С.С., викладач, 1988dobran.105@ukr.net,

Бучко І.О., викладач, Шмалюк М.І., викладач

*Житомирський агротехнічний фаховий коледж*

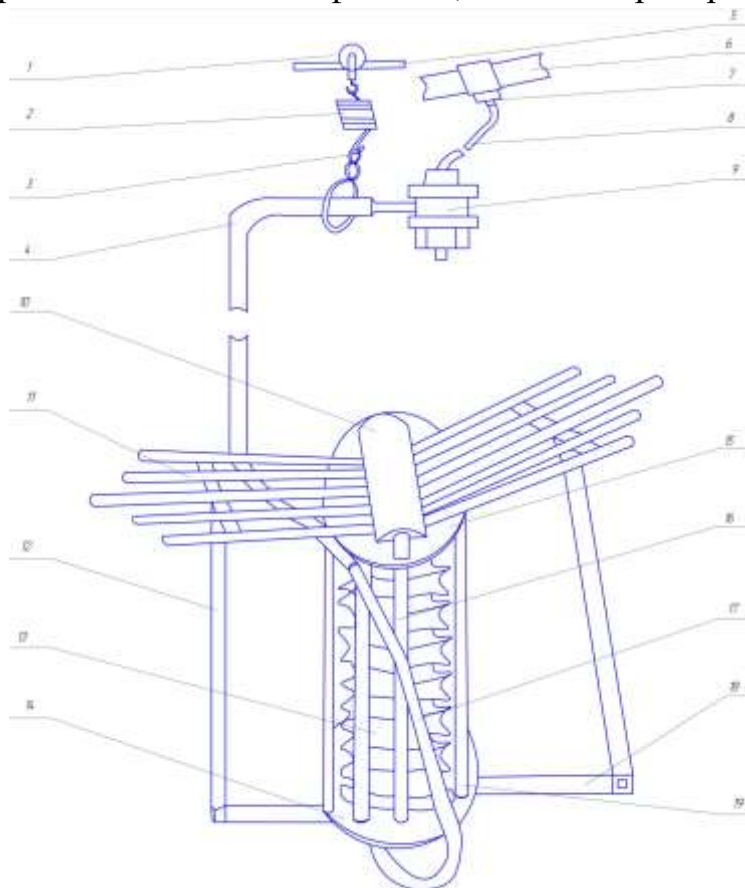
Одним із факторів більш повного виявлення потенційних можливостей рівня молочної продуктивності є масаж вимені нетелів у період підготовки до отелення та масаж корів з моменту їх доїння. Практикою молочного скотарства та численними науковими дослідженнями доведено його позитивний вплив на розвиток залозистого апарату. Встановлено, що завчасне привчання нетелів до машинного доїння, масажу вимені, шуму вакуум-насоса підвищує продуктивність від 4 % до 37 %, збільшується вміст жиру в молоці від 0,1 до 0,2 %, збільшуються розміри і поліпшується розвиток вимені.

Масаж вимені як технологічний прийом підготовки нетелів до

отелення раніше широко використовувався в передових господарствах. Однак традиційний ручний масаж стримує зростання продуктивності праці операторів, а збільшення навантаження з 18-20 до 30-50 нетелів знижує якість масажу. Фізично масажисту неможливо виконувати таку роботу.

Невідповідність між сучасною технологією молочного скотарства і використанням ручної праці при масажі викликає необхідність механізації цього трудомісткого процесу.

Проведений патентний пошук та наше дослідження показує, що для найбільш якісного масажу доцільніше використовувати простий за конструкцією пневмо-масажер. Апарат складається (рис. 1) з масажних лап 11, які шарнірно закріплені на верхньому фланці 15. Штовхач вимені 10 закріплений на напрямних пальцях 16, які жорстко закріплені на нижньому фланці 13. До верхнього стрижня жорстко закріплені чотири напрямні пальці 19, по яких переміщається нижній фланець, до якого приварені вуха 18.



1 – ролик; 2 – пружина; 3 – ланцюг; 4 – дуга підвіски; 5 – розтяжка масажної лінії; 6 – вакуумний провід; 7 – вакуумний шланг; 9 – пульсатор; 10 – штовхач вимені; 11 – масажна лапа; 12 – штанги; 13 – силова гофра; 14 – нижній фланець; 15 – верхній фланець; 16 – напрямна штовхача вимені; 17 – вакуумний шланг; 18 – вуха; 19 – напрямні нижнього фланця

Рисунок 1 – Пристрій для масажу вимені

Зусилля до масажних лап передається через шарнірно закріплені на вухах 18 і масажних лапах штанги 12. Між фланцями за допомогою хомутів закріплена силова гофра 13.

Даний пристрій фіксується дугою, кріплення 4, яка приварена до верхнього фланця. Дуга кріплення підвішена за допомогою ланцюга 3, пружини 2 до ролика 1, який у свою чергу переміщається по розтяжках масажної лінії 5. Постійний вакуум, з вакуум проводів 6 через вакуумний кран 7 і вакуумний шланг 8 надходить в пульсатор 9, де перетворюється в пульсуючий. Далі вакуум через дугу підвіски, вакуумний шланг 17 і штуцер в нижньому фланці надходить в силову гофру, змушуючи її стискатися. Стискаючись, гофра піднімає вгору нижній фланець, який, у свою чергу, діючи через вуха і штанги, змушує стискатися масажні лапи. Також через напрямні пальці 16 нижній фланець піднімає штовхач вимені.

Після зміни вакууму за рахунок пружності стиснутого вимені і сил тяжіння силова гофра розпрямляється і звільняє вим'я. Оскільки пульсатор створює пульсуючий вакуум, то відбувається цикл зміни тактів стиснення і розширення за рахунок чого і відбувається безпосередньо масаж.

Сучасний стан механізації підготовки нетелів до лактації характеризується широким застосуванням автоматизованих систем, таких як вібраційні та гідропневматичні масажери, роботизовані тренажери та цифрові платформи моніторингу. Ці технології покращують фізіологічну готовність, зменшують стрес і підвищують продуктивність після отелення. Однак для ширшого впровадження необхідно знизити вартість обладнання та адаптувати його до умов малих господарств.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Войтюк Л. Я., Федак Н. М. Вплив підготовки нетелей до машинного доїння на функціональні властивості молочної залози. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2010. Вип. 52(1).
2. Гавриленко М. С. Годівля телят (раціональна годівля телят є основою створення високопродуктивних стад у господарствах різної форми власності). Agroexpert. 2008. № 3.



УДК 628.8: 631.22

## ОЦІНКА ЕНЕРГОВИТРАТ НА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СИСТЕМ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ

Довбненко О.Ф., к.т.н, с.н.с., dovbnenko@ukr.net

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва  
Національної академії аграрних наук України*

**Постановка проблеми.** Основними параметрами повітряного середовища тваринницьких приміщень є температура, відносна вологість, швидкість руху повітря та рівень забрудненості хімічними й біологічними домішками. Перевищення ГДК аміаку, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, метану, фенолів, пилу та патогенних мікроорганізмів погіршує здоров'я тварин і працівників, знижує продуктивність та якість продукції. Застосування очищення повітря знижує забрудненість до нормативних значень, зменшує обсяг вентиляції, скорочує витрати енергії та викиди шкідливих речовин.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Ефективними є УФ-бактерицидне випромінювання (280–315 нм) із знезараженням до 99,9 % та руйнуванням хімічних сполук [2], а поєднання озонування з УФ ( $\lambda < 320$  нм) забезпечує додаткове знезараження та стримування патогенів із контролем концентрації озону ( $< 0,1$  мг/м<sup>3</sup>) [6], гарантуючи нормативний енергоефективний мікроклімат.

Очищення повітря в тваринницьких приміщеннях підвищує здоров'я тварин і персоналу, екологічну безпеку та енергоефективність. Приклади систем: VFA-Solutions (Нідерланди) — фільтри 11 тис. м<sup>3</sup>/год (80 % ефективність); Airtècnics (Іспанія) — циклонні фільтри до 300 м<sup>3</sup>/год, малоефективні проти хімічних домішок і мікроорганізмів; EddaAir (Китай) — іонізація для твердих частинок; українська «Promin» — механічна фільтрація, УФ і каталітичний реактор, 99 % знезараження Salmonella та до 90 % очищення від аміаку й сірководню [3]. Такі рішення забезпечують енергетичний, екологічний і технологічний ефект.

**Результати досліджень.** При використанні систем очищення враховується зниження емісії на певний відсоток, що дозволяє розрахувати необхідний об'єм вентиляції,  $V_{\text{вент}}$ , м<sup>3</sup>/год:

$$V_{\text{вент}} = \frac{G_{\text{ТВ}}}{C_{1\text{ГДК}} - C_2}; \quad (1)$$

$$V_{\text{вент}}^{(\text{СОП})} = \frac{G_{\text{ТВ}} - k_p \cdot G_{\text{ТВ}}}{C_{1\text{ГДК}} - C_2} = \frac{G_{\text{ТВ}}(1 - k_p)}{C_{1\text{ГДК}} - C_2}, \quad (2)$$

де  $G_{\text{ТВ}}$  – інтенсивність виділення шкідливої речовини від тварин, г/год;

$C_{1\text{ГДК}}$  – ГДК шкідливої домішки в приміщенні, г/м<sup>3</sup>;

$C_2$  – концентрація домішок у зовнішньому повітрі, г/м<sup>3</sup>;

$k_p$  – коефіцієнт очищення повітря від визначеної шкідливої домішки.

Із використанням методики [0] було визначено втрати теплоти із викидним вентиляційним повітрям за формулою:

$$Q_{\text{вент}i} = \rho_1 \cdot V_{\text{вент}}(t_1 + 0,083 \cdot \varphi_1 \cdot e^{0,0715 \cdot t_1}) - \rho_2 \cdot V_{\text{вент}}(t_{2i} + 0,083 \cdot \varphi_2 \cdot e^{0,0715 \cdot t_{2i}}), \quad (3)$$

а також загальну потребу приміщення в теплоті для підтримання нормативної температури повітря із врахуванням теплових втрат через будівельні конструкції та тепловиділення від тварин за формулою:

$$Q_{\text{оп}i} = \left( \sum_j \frac{S_{\text{ор}j}}{R_{\text{ор}j}} \right) (t_1 - t_{2i}) + 0,278 \cdot \rho_1 \cdot V_{\text{вент}}(t_1 + 0,083 \cdot \varphi_1 \cdot e^{0,0715 \cdot t_1}) - \sum_k q_{\text{ТВ}k} \cdot n_{\text{ТВ}k} - 0,278 \cdot \rho_2 \cdot V_{\text{вент}}(t_{2i} + 0,083 \cdot \varphi_2 \cdot e^{0,0715 \cdot t_{2i}}). \quad (4)$$

Відповідно витрати теплової енергії від температури повітря зовнішнього середовища  $W_{\text{оп}i}$ , кВт·год, та втрати теплової енергії з вентиляційним повітрям  $W_{\text{вент}i}$ , кВт·год:

$$W_{\text{вент}i} = 10^{-3} \cdot T_{\text{с}i} \cdot Q_{\text{вент}i}; \quad (5)$$

$$W_{\text{оп}i} = 10^{-3} \cdot T_{\text{с}i} \cdot Q_{\text{оп}i}. \quad (6)$$

Для оцінки енергетичної ефективності розглянуто приміщення для 1 тис. свиней по 100 кг для регіону Київської області. Використовуючи аналітичні вирази (3) та (4), побудовано залежності втрат теплоти з вентиляційним повітрям і загальних втрат теплоти від зовнішньої температури з урахуванням систем очищення повітря, що зменшують емісію аміаку на 10–90 % (рис. 1, 2).

Ефективність систем очищення повітря істотно зменшує витрати енергоносіїв і навантаження на опалювальні системи, оскільки скорочує повітрообмін із зовнішнім середовищем. Наприклад, при зменшенні надходження аміаку на 50 % потік теплоти від опалення знижується з 704 до 394 кВт, а втрати з вентиляцією – до 309 кВт, що змінює пікові енерговитрати до нижчих температур та скорочує тривалість опалювального періоду. (рис. 3).

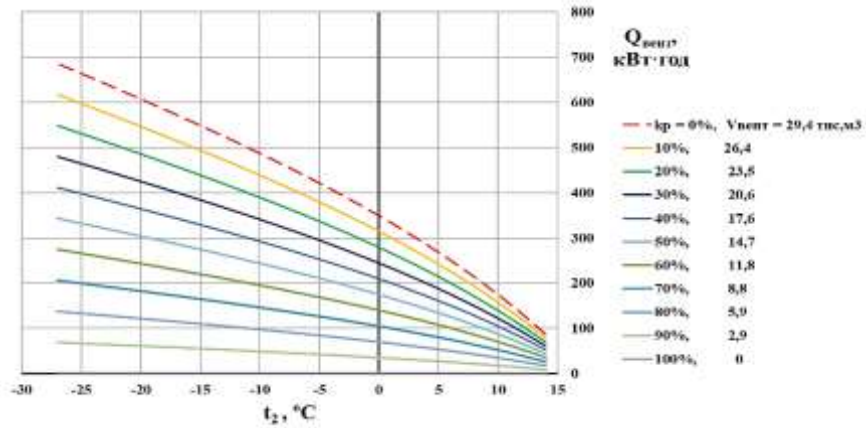


Рисунок 1 – Залежності витрат теплової енергії з викидним вентиляційним повітрям від температури зовнішнього середовища

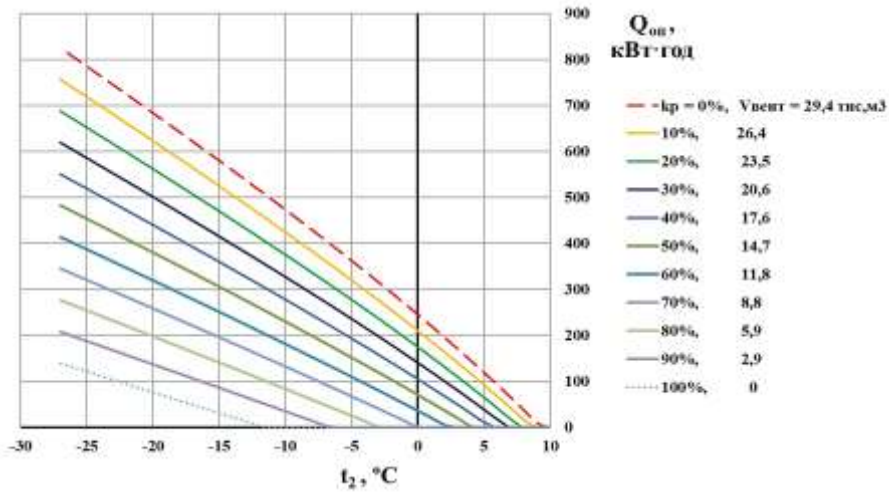


Рисунок 2 – Залежності загальних потреб приміщення в тепловій енергії від температури повітря зовнішнього середовища за умови очищення повітря

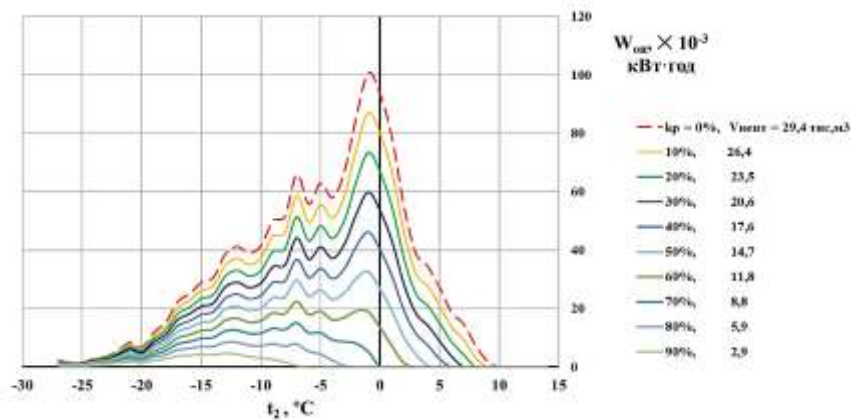


Рисунок 3 – Скорочення витрат теплової енергії на забезпечення нормативних параметрів повітря в опалювальний період від температури стояння повітря зовнішнього середовища за умови очищення повітря

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Довбненко О. Ф., Колесник І. В. Удосконалена методика розрахунку теплового балансу тваринницьких приміщень. *Механізація та електрифікація сільського господарства* : загальнодержавний зб. Глеваха. 2017. Вип. 5 (104). С. 167–174.
2. Kowalski, W. (2009). Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook: UVGI for Air and Surface Disinfection. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-01999-9>.
3. Очищення і знезараження повітря на птахофабриках. URL: <https://www.waterlight.pro/silske-gospodarstvo/ochyshhennya-i-znezarazhennya-povitrya-na-ptahofabrykah/>.
4. Myeongseong Lee, Jacek A. Koziel, Peiyang Li, William S. Jenks. (2022). Mitigation of Air Pollutants by UV-A Photocatalysis in Livestock and Poultry Farming : A Mini-Review. *Catalysts*, vol. 12, issue 7, 18. URL: <https://doi.org/10.3390/catal12070782> (дата звернення: 15.03.2025).
5. Применение озона в сельском хозяйстве. Институт озонотерапии и медоборудования. URL: <http://www.medozone.com.ua/primeneniye-ozona-v-s-h-i-promyshlennosti/24-primeneniye-ozonnyh-tehnologiy-v-selskom-hozyaystve.html> (дата звернення: 15.03.2025).



УДК 628.35

## АНАЛІЗ СИРОВИННИХ РЕСУРСІВ ТВАРИННИЦТВА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ В УКРАЇНІ

**Єременко О.І.**, к.т.н, доц., [eremolex@nubip.edu.ua](mailto:eremolex@nubip.edu.ua), **Майструк І.М.**, студент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Анаеробну переробку побічної продукції при виробництві біогазу традиційно здійснюють шляхом ферментації відходів тварин, таких як гноївка, гній тощо. Такий сировинний матеріал доцільно змішувати з відходами харчової промисловості. Характеристики відходів тваринного походження залежать від виду тварин та їх віку, а також від пори року [1]. Для отримання біогазу використовують вихідну сировину, а саме:

екскременти свійських тварин з підстилковими матеріалами чи без них; рідкий гній; напіврідкий гній; гнойові стоки та їх суміші з рослинними відходами (подрібнена солома, листя, трава тощо). Вихідна сировина не повинна містити сторонні органічних і неорганічних включень, медикаментозні препарати ветеринарно-санітарного призначення, що мають антибактеріальну дію, отруйні та хімічні речовини. Середньозважений розмір часток сировини після підготовки до зброджування – 2,0 мм (при довжині окремих волокнистих твердих елементів – не більше ніж 30 мм) [2, 3].

Середня кількість біогазу, яку можна отримати з 1 м<sup>3</sup> екскрементів тварин, оцінюється в 20-25 м<sup>3</sup>, хоча рентабельною кількістю у техніко-економічному відношенні вважається 30-35 м<sup>3</sup>. Таку кількість біогазу можна отримати шляхом сполучення виділень тварин з іншою сировиною, яка відрізняється високим вмістом сухої органічної маси, а саме: відходами з підприємств харчової промисловості або рослинної маси [1, 2].

Сировину, що піддається метановому бродінню, поділяють на категорії:

- сільськогосподарську: гноївка, гній, енергетичні культури, вторинна біомаса тощо;
- промислову: крохмаль, відходи скотобійні, молочних і цукрових заводів, фармацевтичної, косметичної та паперової промисловості тощо;
- господарську: органічні відходи, комунальні стоки тощо.

Відходи життєдіяльності тварин (гній, кізьяк, послід) утворюються шляхом ферментативної (мікробної) переробки кормів організмом тварини [2].

Використання екскрементів свійських тварин при безстійловому утриманні не є економічно доцільним, а саме: мала кількість тварин на одиницю площі, а розсіювання відходів значне. При утриманні тварин в закритих приміщеннях кількість відходів з одиниці площі істотно зростає, а витрати на їх збирання і доставку значно скорочуються. Кількість гною від кожного виду тварин і його склад залежать від раціону годування і тривалості утримання тварин в закритих приміщеннях (табл. 1). Вміст вологи у гною змінюється в межах 60-85 % [1, 2].

Ефективність виробництва біогазу шляхом ферментації гною залежить від кількості вуглецевмісної речовини, що не розклалася: чим старіший гній, тим вища міра його попереднього розкладання і тим менше в ньому речовин, що не розклались, які можуть бути переведені в біометан. Технологія виробництва біогазу залежить від вмісту у відстії інертних

речовин: чим їх більше, тим менший вихід метану на одиницю маси відходів. При біогазифікації відходів жуйних тварин замість очікуваного виходу метану 0,26-0,30 м<sup>3</sup>/кг органічних речовин отримується лише 0,13-0,15 м<sup>3</sup>/кг органічних речовин внаслідок втрати частини вуглецевмісної речовини у процесі переварювання кормів [2].

Таблиця 1 – Кількість і склад гною різних тварин

№ з/п	Тварини	Маса тварин, кг	Об'єм гною, м <sup>3</sup> /добу	Маса гною, кг/добу	Склад гною, %				
					Волога	Летючі компоненти	N	P	K
1	М'ясна худоба	500	0,028-0,037	27,7-36,6	85	9,3	0,47-0,70	0,09-0,25	0,14-0,28
2	Молочна худоба	500	0,031-0,036	30,2-35,0	85	8,0	0,38-0,53	0,06-0,1	0,13-0,3
3	Коні	500	0,025	28,0	60	14,3	0,86	0,13	
4	Свині	100	0,0056-0,0078	5,4-7,6	80	7,0	0,59-0,83	0,2-0,6	0,24
5	Вівці	50	0,002-0,003	1,9-3,0	70	21,5	1,0-1,9	0,3	0,78
6	Домашня птиця	2,5	0,00014-0,00017	0,14-0,17	82	16,8	0,86	0,13	0,43

Для здійснення ферментації гною тваринницькі господарства мають бути обладнані певним чином, а саме: у приміщенні, де знаходиться худоба, має бути щільна підлога, а під щільнами мають бути встановлені корита, в які звалюватиметься гній. Корита мають бути оснащені скреперними ножами, за допомогою яких гній скидається з корита в збірні вигрібні ями. У вигрібній ямі гній перетворюється на пульпу (гноївку), яка подається до метантенка [2].

Основні види відходів для виробництва біогазу, їх потенціал у виробництві біогазу та можлива економія природного газу за рахунок використання біогазу), наведені у таблиці 2 [1]. Причому враховано, що за умовне паливо приймається кам'яне вугілля з нульовою вологістю, теплота згорання якого становить 29,3 МДж/кг, а теплота згорання природного газу, що поставляється споживачам, згідно з СОУ 40.21-37-560:2007 [3] має бути не нижче 31,8 МДж/м<sup>3</sup> при вмісті метану 94 % і густині природного газу приблизно 0,75 кг/м<sup>3</sup>.

Таблиця 2 – Оцінка технічного потенціалу виробництва біогазу в Україні

Тип підприємства	Основні види відходів	Потенціал виробництва біогазу, тис. т у.п./рік	Економія природного газу, млрд. м <sup>3</sup> /рік
Ферми ВРХ	Гній	719	0,66
Свиноферми	Гній	180	0,17
Птахофабрики	Послід	326	0,30
Пивоварні заводи	Дробина пивна	171	0,16
Цукрові заводи	Жом буряковий	216	0,20
Спиртові заводи	Барда	180	0,17
Молокозаводи	Сироватка	90	0,08
Очисні станції	Стічні води	130	0,12
Полігони і звалища	ТПВ	400	0,37
Енергетичні плантації	Силос	1610	1,48
Всього		4022	3,71

Наведені показники у таблиці 2 свідчать, що екскременти свійських тварин для отримання біогазу складають понад 1,2 млн. т. умовного палива і перевищують у 1,5 рази усі інші види сировини разом взяті, крім звалищ та енергетичних плантацій. Із зазначених 4,02 млн. т.у.п. щорічно економічно доцільно отримувати 2,3 млн. т.у.п. [3].

Слід зазначити, що промисловість і побутовий сектор України щороку споживають понад 50 млрд. м<sup>3</sup> природного газу. Так, в середньому за останні десять років щорічне споживання природного газу становило 55,9 млрд. м<sup>3</sup>, із них 20,6 млрд. м<sup>3</sup> природного газу власного видобутку, 2,3 млрд. м<sup>3</sup> – із запасів газосховищ і 33 млрд. м<sup>3</sup> – імпортного газу. Отже, з проведеного аналізу можна зробити **висновок**, що економічно доцільно і необхідно використовувати в Україні сировинні ресурси тваринництва та інших видів для виробництва біогазу (біометану), що зменшить залежність нашої держави від імпортного природного газу від 6 % до 11 % [1].

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Гелетуша Г.Г., Кучерук П.П., Матвеев Ю.Б., Куций Д.В., Гелетуша А.І. Перспективи виробництва і використання біогазу в Україні. Промислова теплотехніка. 2013, т. 35, № 6, с.76-82.
2. Polishchuk, V.M., Shvorov, S.A., Krusir, G.V., Derevianko, D.A., Dvornyk, Ye.O., Davidenko, T.S. Increased Biogas Output during Fermentation

of Manure of Cattle with Winemaking Waste in Biogas Plants. Machinery and Energetics. 12 (4). 2021. 67–76. doi: 10.31548/machenergy2021.04.067

3. СОУ 40.21-37-560:2007: Біогази для промислового і побутового використання. Вимоги та методи оцінювання. Київ: Мінагрополітики України, 2007. 8 с.



УДК 662.8.1

## ДОСЛІДЖЕННЯ БРИКЕТУВАННЯ СОЛОМИСТИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЗЕРНОВІДХОДІВ УДАРНО-МЕХАНІЧНИМ ПРЕСОМ

**Єременко О.І.**,<sup>1</sup> к.т.н, доц., [eremolex@nubip.edu.ua](mailto:eremolex@nubip.edu.ua), **Субота С.В.**,<sup>2</sup> с.н.с.

<sup>1</sup>*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

<sup>2</sup>*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва  
НААН України*

Соломисті матеріали та зерновідходи мають значну неоднорідність щодо технологічних та фізико-механічних властивостей, а саме таких: ступінь подрібнення, вміст вологи, наявність домішок, пружно-в'язкі властивості тощо [1-3]. Для уточнення аналітичних та емпіричних закономірностей брикетування соломистих матеріалів та зерновідходів [3, 4]. Проведені дослідження в лабораторних умовах на брикетному пресі ударно-механічної дії.

Досліди брикетування ударно-механічною дією проведені на трьох видах вторинної біомаси: пшенична солома, полова, суміші соломи зі здрібненими зерновими відходами. Експериментальні дослідження здійснені на вітчизняному брикетному пресі ПБУ-060-800 з матрицею діаметром 60 мм. Вміст вологи у соломі становив від 12 % до 20 %, у полові – від 12,8 % до 16 %, у суміші – від 14 % до 16 %. Фракційний склад стеблової частини соломи становив від 20 мм до 80 мм. Досліди проводились з трикратною повторністю.

Зусилля пресування визначали електронним сило-вимірником ПП-1500 з похибкою  $\pm 1$  %. Вологість матеріалів визначали за допомогою вологоміра ULTRA-X (Німеччина) з точністю вимірювання  $\pm 1,5$  %.

Зважування брикетів проводили на вагах РН-10Ц13 (№ 151234) з точністю 0,5 г.

Загальні закономірності [5] щодо підвищення щільності зі збільшенням зусилля брикетування підтверджуються більш характерно на брикетуванні суміші з зерновідходами. Це пояснюється тим, що даний технологічний матеріал створює найменшу пружну післядію порівняно з соломою чи половиною. Найбільш щільні брикети понад  $900 \text{ кг/м}^3$  отримані з суміші соломи і зерновідходів при тиску пресування 65 МПа. Меншу щільність біля  $830 \text{ кг/м}^3$  мають брикети з полови, отримані при більш високому тиску пресування – 90 МПа. Брикети найменшої щільності до  $800 \text{ кг/м}^3$  одержані зі стеблової соломистої частини, яку, як встановлено дослідями, доцільно брикетувати ударним способом при тисках понад 100 МПа.

З підвищенням вологості соломистого матеріалу щільність брикетів зростає, а при вологості  $W=17\%$  щільність має найбільші значення. Подальше зволоження призводить до зменшення щільності, проте, в брикетах, що включають зерновідходи, це явище відбувається несуттєво і пояснюється підвищенням адгезійної здатності в борошністій частині суміші. Виробничий досвід [2, 5] свідчить, що брикети з вологістю понад 17% незадовільно зберігаються, зокрема уражаються мікроорганізмами, частково руйнуються і тому втрачають свою кормову та паливну цінність.

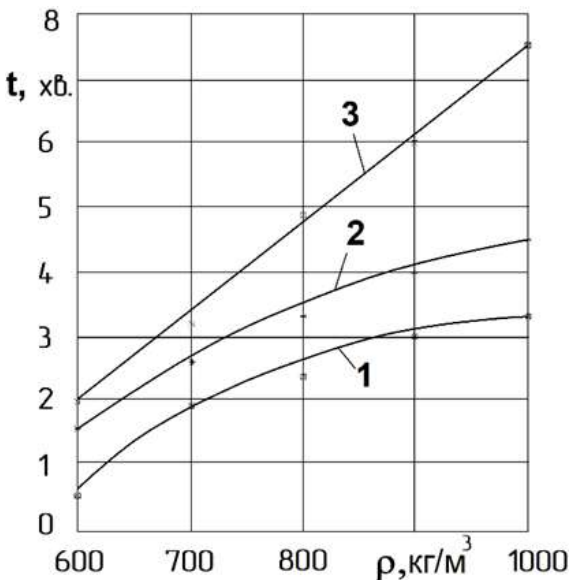
Одним з важливих показників процесу брикетування є фактор тривалості перебування матеріалу в матриці в ущільненому стані (рис. 1) для послаблення внутрішнього напруження (релаксації). Цей показник залежить від кількості сировини, що подається у пресову камеру, а також від тиску ( $P$ ) пресування (рис. 2). Щільність брикетів визначається значною мірою даними параметрами, що треба враховувати при розробці конструкції преса.

Зі зростанням продуктивності преса за рахунок збільшення подачі матеріалу в камеру пресування, щільність брикетів знижується із-за коротшого терміну перебування в матриці.

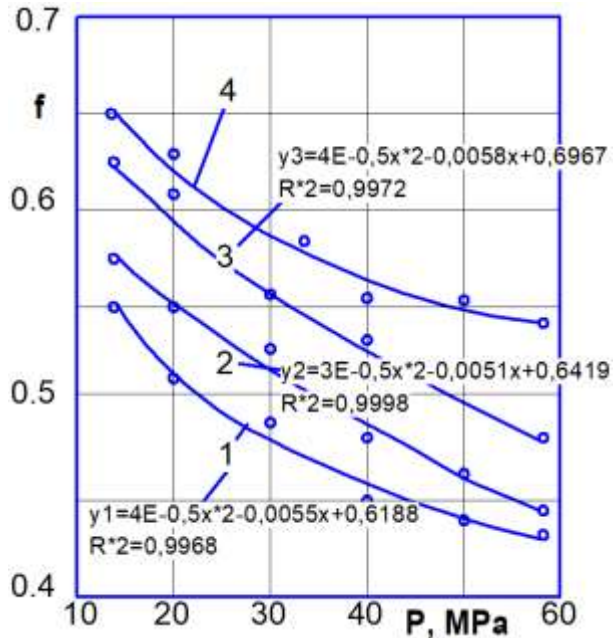
Була розроблена матриця планування згідно з планом Бокса-Бенкіна одно-факторних експериментів  $\rho=f(P)$ ;  $\rho=f(W)$ ;  $t=f(\rho)$ ;  $f=f(P)$ . Статистичний аналіз і математична обробка коефіцієнтів регресії виконано за допомогою комп'ютерної програми STATISTICA [6].

За даними дослідів з використанням табличного процесора MS Excel методом регресійного аналізу та розрахунків з використанням програми [6]

отримані рівняння регресії другого порядку (рис. 2). Перевірку адекватності моделей досліджуваного процесу виконано за критерієм Фішера. Статистичну значимість коефіцієнтів регресії визначено за критерієм Ст'юдента [6].



1 – солома  $W=14,6\%$ ; 2 – полова  $W=12,8\%$ ; 3 – суміш соломи і зерновідходів  $W=14\%$   
Рисунок 1 – Графічна залежність тривалості ( $t$ ) перебування матеріалу в стисненому стані від заданої щільності ( $\rho$ ) брикетів



1( $y_1$ ) – солома (30-80 мм); 2( $y_2$ ) – солома (20-30 мм); 3( $y_3$ ) – полова; 4 – суміш половини і 30% зерновідходів  
Рисунок 2 – Графічна залежність коефіцієнта зовнішнього тертя ( $f$ ) від тиску ( $P$ )

Триразова повторність дослідів при припустимій помилці у частках 1,0 передбачала надійність 0,9. Відносна похибка 4,3% дослідів отримання брикетів полягала у нерівномірності вологості, фракційного складу матеріалу тощо. Було застосовано метод рандомізації [6], що дозволило рівномірно розподілити вплив зовнішніх випадкових факторів протягом усіх дослідів.

При визначенні коефіцієнтів зовнішнього тертя  $f_T$  (рис. 2) встановлено, що найменші значення мають показники сукупностей (1) і (2). Величина цього коефіцієнта більша у половині (3) та у суміші половини і зерновідходів (4). В межах тисків  $P$  до 60 МПа на матеріали спостерігається зменшення коефіцієнта зовнішнього тертя  $f_T$  майже за прямолінійною залежністю.

В результаті брикетування соломи, полови та сумішей з зерновими відходами на брикетній установці ПБУ-060-800 формувались брикети з щільністю 0,8-1,1 т/м<sup>3</sup> при частоті 200 ударних рухів пуансона за хвилину. Продуктивність брикетного преса для соломи становила 0,3-0,35 т/год.; полови - 0,32 т/год.; суміші полови і 30 % зерновідходів - 0,4 т/год.

**Висновки.** 1. За результатами лабораторних досліджень доведена ефективність преса ударно-механічної дії на брикетуванні соломистих матеріалів та зерновідходів, яким притаманні складні пружно-в'язкі властивості. При тиску пресування 60 МПа найбільшу щільність понад 900 кг/м<sup>3</sup> мали брикети з сумішей завдяки незначній пружній післядії порівняно з соломою. Брикети із соломи з фракційним складом понад 80 мм доцільно брикетувати під тиском біля 100 МПа.

2. Для ефективного брикетування соломистих матеріалів з високими показниками релаксації доцільно забезпечувати найбільш можливе ущільнення матеріалу живильним пристроєм та найменшу довжину нарощування брикету за один прохід пуансона. Тоді щільність брикетів більш рівномірна, а міцність виробів зростає у 1,2-1,5 рази при зменшенні продуктивності на 8-10 %.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Єременко О.І., Поліщук В.М., Шворов С.А., Скібчик В.І. Розрахунок обладнання для отримання біопаливних гранул і брикетів: монографія. Київ: НУБіП України, 2021. 244 с.

2. Piskunova, L.E., Yeremenko, O.I., Zubok, T.O., Serbeniuk, H.A., Korzh, Z.V. Scientific and methodological aspects of solid biofuel production processes in compliance with labor protection and environmental safety measures. *Polityka energetyczna – energy policy Journal*, Volume 25. Issue 1. 2022. 143–154. DOI: 10.33223/epj/144008. URL. <https://epj.min-pan.krakow.pl/>

3. Семірненко С.Л. Дослідження залежності щільності брикетів із соломи озимої пшениці від деяких факторів. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства*. Харків: 2011. Вип. 111. С. 112-120.

4. Кіндзера Д.П., Атаманюк В.М., Госовський Р.Р., Мотіль І.М. Дослідження процесу формування брикетів з рослинної сировини та визначення їх характеристик. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. Збірник науково-технічних праць*. Львів: НЛТУ України, 2013. Вип. 23.17. С. 138-146.

5. Geletukha, G.G., Zhelezna, T.A., Dragnev, S.V. Analysis of the possibilities of production and use of briquettes from agrobiomass in Ukraine. *UAB Analytical Note*. No. 20. 2018. Retrieved from: [www.uabio.org/activity/uabio-analytics](http://www.uabio.org/activity/uabio-analytics)

6. Данілов В.Я. Статистична обробка даних: навчальний посібник. Київ: КНУ ім. Т. Шевченка, 2019. 196 с.



УДК 631.4:66

## **БІОГАЗ ІЗ ПРОДУКТІВ ТВАРИННИЦТВА ЯК ЕНЕРГЕТИЧНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ МАЛИХ І СЕРЕДНІХ ФЕРМ**

**Єрмаков С.В.**, завідувач навчально-наукової лабораторії «DAK GPS»,  
[dakgps@pdatu.edu.ua](mailto:dakgps@pdatu.edu.ua)

**Кучер О.В.**, к.екон.н., завідувач кафедри енергозберігаючих технологій і  
енергетичного менеджменту

**Корженівський О.А.**, магістр, старший лаборант кафедри хімії  
*Подільський державний університет*

**Вступ.** Малі та середні фермерські господарства відіграють важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки України, проте їх діяльність часто супроводжується накопиченням відходів тваринництва. Утилізація гною, посліду чи підстилки без належної обробки призводить до неприємних запахів, забруднення водойм і викидів метану – потужного парникового газу.

Переробка цих відходів у біогаз шляхом анаеробного зброджування може стати ефективним технічним рішенням для фермерів, дозволяючи отримувати власну енергію, зменшувати витрати на паливо та покращувати санітарний стан господарства.

Анаеробне зброджування гною великої рогатої худоби, свиней і пташиного посліду є добре вивченою технологією у країнах ЄС, США та Китаї. За даними ІЕА Bioenergy, понад 70 % діючих біогазових установок у Європі використовують саме відходи тваринництва. В Україні ця технологія поступово впроваджується, однак її потенціал реалізований лише частково [1].

За оцінками UABIO, загальний енергетичний потенціал гною сягає понад 3 млрд м<sup>3</sup> біометану на рік [2].

Наукові роботи доводять, що вихід метану з гною великої рогатої худоби становить у середньому 0,18–0,25 м<sup>3</sup> СН<sub>4</sub> з 1 кг летких твердих речовин (VS), а застосування ко-ферментації з відходами рослинництва або харчової промисловості підвищує цей показник на 20–40% [3; 4]. Сучасні інженерні рішення для малих і середніх господарств орієнтуються на використання реакторів типу CSTR (змішувані реактори безперервної дії) або plug-flow з мезофільним режимом (35–40 °С), що дозволяє досягти стабільної роботи за помірних витрат [5; 6; 7].

Для розрахунку використано емпіричні формули, наведені у звітах EPA AgSTAR [8] та довіднику NRCS Code 366 [9]. Аналіз проводився у припущенні, що ККД двигуна-когенератора становить 30% для виробництва електроенергії та 50 % для тепла.

Робота виконувалась на базі навчально-наукової лабораторії «ДАК GPS» закладу вищої освіти «Подільський державний університет», де в якості навчально-дослідного зразка є біогазова установка БГ-3 (рис. 1).



Рисунок 1 – Біогазова установка для вивчення механізмів та принципів їх роботи та процесів анаеробного зброжування та отримання біогазу

**Результати досліджень.** У біогазових розрахунках використовується поняття сухої речовини (СВ або англійське TS ) або сухого залишку (СО). Вода, що міститься в біомасі, не дає газу. На практиці з 1 кг сухої речовини

отримують від 300 до 500 літрів біогазу [10]. Слід також враховувати, що загальноприйнятим діапазоном вмісту біометану в такому газі складає 50–70 %.

З метою оцінки можливого виходу біогазу та розробки спрощеної моделі енергетичного балансу розглянемо схему установки для пререобки гною великої рогатої худоби в умовах ферми на 100 голів. Опираючись на доступну інформацію прийматимемо наступні вихідні дані для аналітики:

- надходження гною — 20 кг/добу на голову;
- вміст сухої речовини (TS) – 10 %;
- частка летких речовин (VS) – 80 % від TS;
- середній вихід метану – 0,20 м<sup>3</sup>/кг VS;
- тривалість зброджування – 30 діб у мезофільному режимі.

Добова кількість гною за таких умов становитиме близько 2000 кг. При TS = 10 % отримаємо 200 кг сухої речовини, з яких 160 кг – леткі. Очікуваний вихід метану:  $160 \text{ кг} \times 0,20 \text{ м}^3/\text{кг} = 32 \text{ м}^3 \text{ CH}_4/\text{добу}$ . (з урахуванням 60 % метану у біогазі – це близько 53 м<sup>3</sup> біогазу/добу).

Враховуючи теплотворну здатність метану (1 м<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> = ≈ 9,97 кВт·год енергії) такий показник відповідає енергетичній цінності близько 320 кВт·год тепла або 130...150 кВт·год електроенергії на добу.

Енергії достатньо для повного покриття власних потреб ферми у гарячій воді та електриці. Надлишкове тепло можна використовувати для підігріву реактора або сушки кормів.

Крім того вирішується проблема утилізації, адже залишковий продукт – дигестат, який утворюється після процесу, має знижену кількість патогенів та запахів, а вміст азоту й фосфору зберігається. Тобто це є стабілізованим добривом, яке містить основні поживні елементи у легкодоступній для рослин формі. Це дозволяє зменшити використання мінеральних добрив та покращити структуру ґрунту.

Серед основних інженерних переваг системи виробництва біогазу можна відмітити:

- відсутність необхідності складного очищення газу для власного використання;
- стабільність процесу при низькому вмісті сухих речовин;
- можливість модульного розширення установки залежно від кількості тварин.

**Висновок.** Отримані результати підтверджують доцільність впровадження біогазових установок на фермах середнього розміру.

Використання гною як сировини дозволяє одночасно:

- зменшити негативний вплив на довкілля,
- отримати власне джерело енергії,
- замінити мінеральні добрива післядигестатом.

Важливою умовою успіху є локальна адаптація технології – врахування клімату, обсягів сировини, доступу до води та наявної інфраструктури.

Отже, виробництво біогазу з продуктів тваринництва має значний потенціал як для енергетичної самодостатності сільського господарства, так і для реалізації екологічних вимог сталого розвитку.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. IEA Bioenergy (2021). *Potential and utilization of manure to generate biogas*. Task 37 Report.
2. Geletukha, G., & Matvieiev, Y. (2024). Prospects of biomethane production in Ukraine. UABIO Analytical Report.
3. Brahmi, M. (2024). From manure to megawatts: Navigating the sustainable path of biogas production. *Renewable Energy Reports*.
4. Arshad, M., et al. (2022). Green electricity generation from biogas of cattle manure. *Frontiers in Energy Research*, 10, 948214.
5. Гук, Я. В., Бялковська, О. А., & Єрмаков, С. В. (2024). Можливості та виклики для зеленої енергетики в Україні на прикладі енергії біомаси. *Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК*. Харків: Державний біотехнологічний університет. с. 70–71.
6. Kucher, O., Zelenskyi, A., Hofmann, M. (2025). Biogas market research in EU countries. *Environment. Technology. Resources*, (1), 313–317.
7. Власюк, О. О. (2021). Отримання біогазу з відходів молочної промисловості. Ефективне використання енергії. Стан і перспективи Кам'янець-Подільський. с. 47–48.
8. U.S. EPA (2023). *AgSTAR: Anaerobic Digestion Systems for Livestock Manure*.
9. NRCS (2023). *Conservation Practice Standard: Anaerobic Digester (Code 366)*.
10. Іванченко, А. В. (2016). *Безвідходні хімічні технології*. Дніпродзержинськ: ДДТУ. 41 с.



УДК 631.362:665.335.5

## **ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДЕТОКСИКАЦІЇ РИЦИНОВОЇ МАКУХИ ДЛЯ ПОТРЕБ КОРМОВИРОБНИЦТВА**

**Журавель Д.П.**<sup>1</sup>, д.т.н., dmytro.zhuravel@tsatu.edu.ua, **Дідур В.В.**<sup>2</sup>, д.т.н.

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

<sup>2</sup>*Уманський національний університет, м. Умань, Україна*

Одержуваний при виробництві віджимання - екстракція шрот, а при двохступінчатому віджиманні макухи є цінними кормовими продуктами [1-3]. Так в шроті олійність становить 1,34 - 2,81 %, вміст в ньому протеїну досягає 41,00 - 50,00 %, золи 4,30 - 10,70 %, клітковини 24,60 - 37,50 %, безазотистих екстрактивних речовин 41,00 - 50,00 %. Однак, шрот і макуха рицини недопустимі для годівлі сільськогосподарських тварин через наявність в ньому рослинного токсабульміна - рицину і алкалоїду - рицинин. За біологічними властивостями рицин є клітинною отрутою, що інгібує ензітичну активність деяких систем. Рицин відрізняється високою токсичністю. Особливо він отруйний для теплокровних тварин [4, 5].

Подібно до інших токсинів, рицин здатний викликати аглютинацію червоних кров'яних тілець. Денатурація рицину при нагріванні супроводжується втратою їм токсичних властивостей. Найбільш часто для знешкодження шроту використовується вологотеплова обробка в чанних тостерах не менше 1,5 - 2,0 год при початковій вологості 24 – 26 % і кінцевої температурі не нижче 135<sup>0</sup> С. Обробка вважається закінченою при негативній пробі на рицин. Рицинин набагато легше знешкоджується, тому при знешкодженні рицину, вважається повністю знешкодженим і рицинин. Жорсткі режими вологотеплової обробки різко знижують перетравність і засвоюваність білків, викликаючи гідроліз незамінних дефіцитних амінокислот, перш за все лізину і метіоніну. Зниження розчинності білків є наслідком їх денатурації. Крім того, при жорсткій вологотепловій обробці відбувається реакція меланоїдіноутворення - взаємодії білків і вуглеводів, в результаті чого погіршується амінокислотний склад білків. Різко знижується якість макухи або шроту, як високобілкових кормових добавок.

З огляду на, що застосовуються в даний час способи знезараження рицинової шроту складні і енергоємні, а також їх застосування не завжди дає повне знешкодження, вкрай важливою є розробка хімічного способу

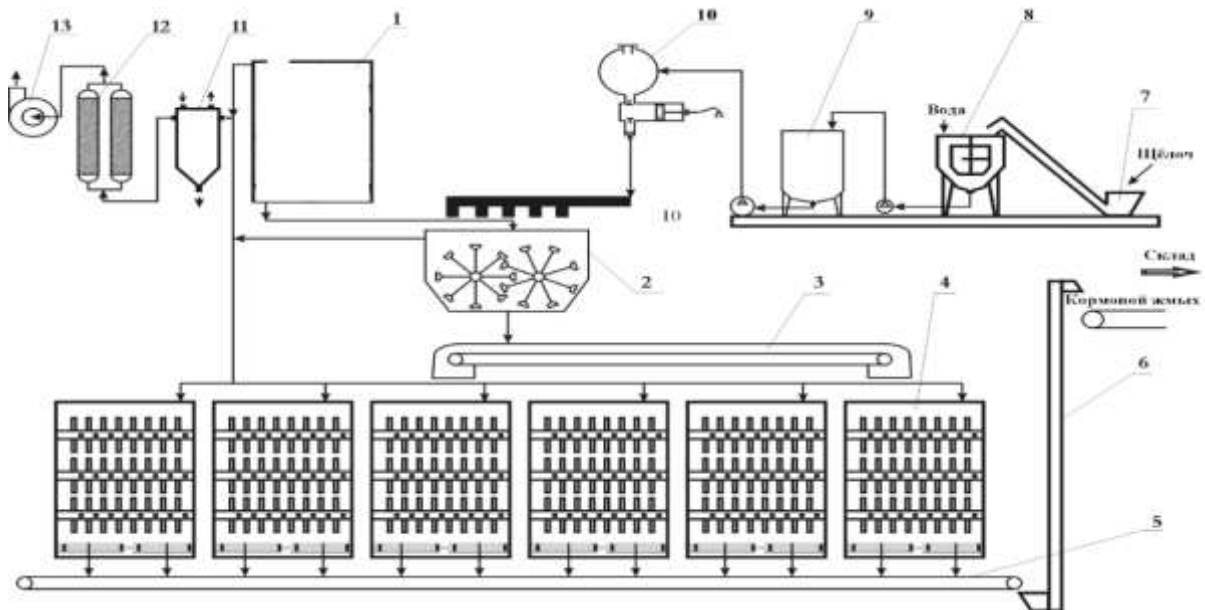
зnezараження шроту і макухи рицини з метою їх використання на корм тварин. У зв'язку з цим певний інтерес представляють дослідження при обробці шроту лужними розчинами аміаку або гідроксиду натрію. Після такої обробки досягається майже повна детоксикація шроту. Принциповою відмінністю такого способу обробки є зnezараження доводорозчинної фракції білка рицину гідролізом, а не денатурацією білка. Можлива хімічна обробка знешкоджує гідролізом і білково-полісахаридних фракцію алергену. На жаль, в даних дослідженнях затримання алергену не визначалася. В інституті механізації тваринництва були проведені дослідження хімічних способів зnezараження шроту рицини з метою його подальшого використання в годуванні тварин. Для визначення ступеня детоксикації шроту використовували реакцію аглютинації еритроцитів. Для визначення токсичності шроту, різних способів зnezараження проводилося підшкірне введення екстракту досліджуваного зразка шроту кроликам. Кращі результати були отримані при обробці рицинової шроту 40 % розчином їдкою натрію в кількості 4 – 5 % від маси шроту за рахунок витримки обробленого шроту протягом 5 - 7 діб. Вивчення перетравності поживних речовин раціонів при включенні 33,6 - 33,8 % рицинової шроту обеззараженого хімічним методом показало, що застосування їдкою натрію підвищує перетравність протеїну, жиру і золи в порівнянні з використанням кальцинованої соди.

Отримані результати дозволили розробити технологічну лінію по знешкодженню рицинової макухи хімічним способом. Технологічна схема детоксикації рицинової макухи представлена на рис. 1. Подрібнена, охолоджена макуха надходить в приймальний бункер 1 лінії детоксикації. Далі макуха подається в змішувач СКО-Ф-3 2, куди подається 40 % розчин в кількості 4 – 5 % від маси макухи. Тут сухий порошок луку подається транспортером 7 в змішувач 8, де готується розчин, який надходить в накопичувальну ємність 9, а потім насосом-дозатором 10 розпилюється в змішувачі СКО-Ф-3 2. Готова суміш роздатковим транспортером 3 подається в один з бункерів-детоксикатор 4. Тут протягом 5 - 7 діб при температурі 55 - 600 відбувається гідролізація рицину і рициніну. Готова макуха після охолодження подається в збірний транспортер 5, а звідти через норію 6 на склад готової продукції або в транспортний засіб безпосередньо замовнику.

Відсмоктування пароповітряної суміші з системи детоксикації здійснюється вентилятором 13 і проходить двоступеневу очистку

конденсацією парів в трубчастому теплообміннику 11 і в адсорбері 12 з активованим вугіллям.

Пропонована технологія зі шнеком-інактиваторами паровими жаровнями двоступенчатим віджиманням дозволяють на міні-заводах відмовитися від екстракції і отримувати рицинову олію високої якості, а гідроксиду натрію з наступною витримкою отримати високобілкову кормову добавку і знизити енергоємність процесу.



- 1 – приймальний бункер, 2 – змішувач, 3 – роздатковий транспортер,  
4 – бункер -детоксикатор, 5 – складальний транспортер, 6 – норія,  
7 – загрузочний транспортер, 8 – змішувач, 9 – накопичувальна ємність,  
10 – насос-дозатор, 11 – трубчастий теплообмінник, 12 – адсорбер з активованим вугіллям, 13 – відцентровий вентилятор

Рисунок 1 – Технологічна схема детоксикації рицинової макухи

У запропонованій технології за рахунок введення додаткових операцій перед обрушенням: кондиціонування вологості насіння 7,0-8,0 % і сортуванням їх за розмірами на три сорти, а також поєднання з шельмашиною третини операції грубого подрібнення і оптимізація процесу сепарування рушанки знижують втрати олії у виробництві.

Технологічні розрахунки показали, що запропонована технологія при початковій олійності насіння рицини 55 % дозволить отримати вихід форпресової олії 48,66 %, експелерної олії 1,49 %, з втратою олії в макусі

1,49 % і в лушпинні 0,31 %. Вихід макухи 24,77 %, лузги 15,53 %. Вміст лушпиння в макусі 8-10 %.

Застосування напівзамкнутої системи очищення повітря в шельмашині із використанням користуванням регульованого циклонного апарата з додатковим равликовим поділом потоку, двоступеневою очисткою повітря при механічній обробці насіння рицини циклоном і матерчатим фільтром, а при вологотепловій обробці трубчастий теплообмінник і адсорбер з активованим вугіллям забезпечують надійний захист навколишнього середовища.

За нашими даними конструкція шельмашин, виготовлених за кресленнями СКБ «Продмаш», дозволила досягти великого знімання лушпиння. Однак збільшення знімання лушпиння до 7-10 % призводить до зростання його олійності до 3,5-4,3 %. Це виправдало відмову відділення лузги взагалі.

Тому в пропонованій технології ми ввели додаткові операції перед обрушенням: кондиціонуванням вологого насіння до 7,0-8,0 %, і сортуванням його за розмірами на три сорти, а також поєднання в шельмашині третин операції грубого подрібнення. Крім цього, для зниження олійності відділень неушкодженого лушпиння проведена оптимізація процесу сепарування рушанки на решеті і в вертикальному пневмосепаруючому каналі.

Технологічні розрахунки показали, що запропонована технологія переробки при початковій олійності насіння рицини 55 % дозволить отримати вихід форпресової олії 48,66 %, експеллерної олії 1,49% з втратою олії в макусі 1,49 % і в лушпинні 0,31 %. Вихід макухи 24,77 %, лузги 15,53 %.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Журавель Д. П., Дідур В. В. Механіко-технологічні основи глибокої переробки насіння рицини на енергетичну біосировину: монографія. Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. 275 с., іл.
2. Журавель Д. П., Верещага О. Л. Аналіз способів отримання олійних матеріалів із насіння рицини. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 77-81.
3. Журавель Д. П. Обґрунтування технологій отримання рицинової олії. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі», Запоріжжя, 2022. С. 25-28.

4. Дідур В. В., Журавель Д. П., Шокарев О. М. Аналіз технологій отримання олії з олійних культур. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ, Мелітополь: ТДАТУ, 2022. Вип. 12, том 3. 10 с.

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



УДК 614.8:636:115.03

## АНАЛІЗ СИСТЕМ МІКРОКЛІМАТУ В КОРІВНИКУ

**Заболотько О.О.**, к.т.н., доцент, zabolotko@nubip.edu.ua

**Гаврилюк Д.В.**, студент, digavr@ukr.net

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Анотація:** Проведений аналіз систем мікроклімату в приміщенні корівника та вплив їх на корів.

**Ключові слова:** велика рогата худоба, корова, мікроклімат, системи, обладнання, продуктивність тварини.

**Постановка проблеми:** Питанню мікроклімату у приміщенні та вплив його на здоров'я тварини приділяється значна увага. Комфорт у корівнику забезпечує здоров'я тварин, максимальну конверсію корму, а отже продуктивність. Кліматичні зміни, реконструкція зношених корівників за типовими проектами в сучасних умовах вимагає використовувати нові підходи у використанні систем для створення мікроклімату.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій:** Питанню впливу теплового стресу і високої температури навколишнього середовища на молочну і м'ясну продуктивність має актуальне значення. Тепловий стрес у корів, що виникає через поєднання таких показників як температура навколишнього середовища та вологість, створюють умови, що не дозволяє тварині почувати себе комфортно та приводить до теплового стресу. Тепловий стрес проявляється в зниженні продуктивності, їх рухливої

активності, відсутності апетиту та незначного поїдання кормів протягом пікових годин доби. В дослідження [1] виділяються перший та другий період лактації корів, які різняться за впливом температурних параметрів на продуктивність корів. За безприв'язним утриманням корів, корови мають змогу вільно переміщатися і знаходити місця комфортного стану (тінь, прохолода, протяг і ін.). Захисні функції організму тварини, його тепловіддачі, як пише Л. Баумгард (США) зростають з підвищенням температури навколишнього середовища за рахунок розширення кровоносних судин шкіри, більш інтенсивної роботи серця, прискорення дихання та зменшення рухливості. Висока денна температура повітря, яка не відповідає комфортним умовам життєдіяльності високопродуктивних корів, негативно впливає на продуктивність тварин.

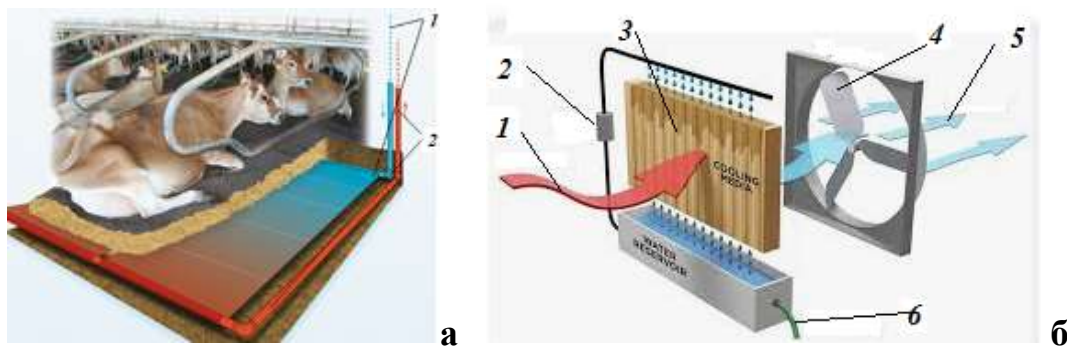
Системи для створення мікроклімату від природніх до механічних мають широке використання.

**Мета дослідження:** провести огляд сучасних систем, які забезпечують мікроклімат в будівлі та їх використання для промислового тваринництва

#### **Виклад основного матеріалу:**

На сучасних тваринницьких фермах за безприв'язного способу утримання, для створення комфорту використовують систему охолодження стійл – GEA conductive cooling (німецька компанія). Система охолодження забезпечує обмін тепла між теплою і холодною поверхнями в зоні відпочинку тварин для створення більшого комфорту. Теплообмінники з контуром для циркуляції води розміщені під лежачком у зоні, де відпочивають тварини. Відповідно до цієї технології вим'я і нижня частина черева корови виступають як «природні радіатори» для постійного охолодження крові, яка циркулює по усьому тілу тварини.

Випарне охолодження - це ефективний спосіб зниження температури і зволоження приміщень у спеку, відрізняється простотою установки та обслуговування. Панель випарного охолодження виготовлена із спеціальної "крафт-паперу" на основі целюлози. Вона піддається обробці полімерними смолами, які запобігають її зносу і збільшують експлуатаційний термін. Ця система економічна і енергія витрачається на роботу циркуляційного насоса.



**а** – охолодження стійла: 1 – водопровід «охолоджений» з теплообмінником стійла; 2 - водопровід «нагрітого теплоносія»; **б** - випарне охолодження: 1 – гаряче вуличне повітря; 2 – циркуляційний насос; 3 – випарник з «крафт-паперу»; 4 – осьовий керований вентилятор; 5 – охоложене повітря; 6 – залишкова вода

Рисунок – системи для створення мікроклімату

Охолоджувальна здатність панелей залежить від їх розмірів. Чим більша випарна площа і швидкість повітря, що проходить крізь зазори канавок в середину приміщення, тим ефективніше знижується температура. Випарна, як і всі системи водяного охолодження, збільшує відносну вологість повітря в приміщенні. Тому вологість слід контролювати і не допускати її підвищення, з цим допоможе впоратися вентиляційна система. Випарне охолодження застосовується влітку, коли температура навколишнього середовища піднімається вище за 29°C. Випарна система запобігає розвитку теплового стресу тварин влітку, підвищує продуктивність та знижує падіж.

**Висновки:** використання сучасних систем охолодження повітря мають різні умови експлуатації та енергетичну ефективність, що треба враховувати при виборі систем. Пристрої, які використовують випаровування для охолодження повітря, споживають на 75% менше електроенергії, ніж кондиціонери, але за температури 29 °C не використовуються.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Науково технічний бюлетень ІТ НААН №121 136-146С. температура навколишнього середовища, як фактор впливу на

продуктивність великої рогатої худоби. Кравченко Ю.С., Прусова Г.Л. Золотарьов А.П., Єлецька Л.М., Тимченко Л.А.

2. Охолоджувач повітря випарного типу JHCOOL T9 // Електронний ресурс /<https://tdfavorit.com.ua/>

3. Повітроохолоджувачі - як ефективна альтернатива традиційним кондиціонерам// Електронний ресурс / <https://techhome.kiev.ua/uk/news/>



УДК 614.8:636:115.01

## **ВИРІШАЛЬНИЙ ЕТАП, МОНТАЖ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ В УМОВАХ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**Заболотько О.О.**, к.т.н., доцент, [zabolotko@nubip.edu.ua](mailto:zabolotko@nubip.edu.ua)

**Потапова С.Є.**, к.т.н., доцент, [potapova@nubip.edu.ua](mailto:potapova@nubip.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Постановка проблеми:** Нині у молочному скотарстві для фермерів використовують основних типи доїльних залів: «тандем», «ялинка», «паралель» та автоматизовані системи - доїльний робот. Вибір типу та розміру доїльного залу потребує доволі серйозного підходу, його слід підбирати індивідуально під кожне господарство. Основними критеріями вибору розміру доїльного залу є пропускна здатність. Поголів'я корів до 500 голів пропонуються доїльні установки типу «Ялинка», до 1000 голів «Паралель» для більшого поголів'я доїльні установки типу «Карусель» [1], система та спосіб утримання, місце розташування та будівлі і споруди для узгодження технологічного процесу.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій:** Технологія безприв'язного утримання та доїння у доїльних залах максимально відповідає фізіології корів, дозволяє покращити не тільки виробничі характеристики дійного стада і як найкраще оптимізувати роботу обслуговуючого персоналу. Втім, як показує практика, безприв'язне утримання худоби вимагає нові будівельні рішення, особливо це стосується об'єктів які йдуть під реконструкцію. Якщо, реконструкція передбачає витрати 60-70 % від будівництво нового, то краще зразу розглядати питання

будівництво нової ферми з врахуванням сучасних стандартів та машин і обладнання. Один з завершальних етапів – це вибір доїльного залу та його монтаж.

**Мета дослідження:** розглянути перелік робіт на підготовчому етапі при виконанні монтажних робіт в умовах тваринницької ферми для фермерського господарства.

**Виклад основного матеріалу:** Правильний вибір способу та методу монтажу дозволяє значно скоротити строки введення об'єктів у експлуатацію, підвищує якість виконання робіт і забезпечує економію трудових та матеріальних ресурсів. Весь цикл проведення монтажних робіт включає в себе етапи: підготовка до монтажу, власне монтаж та підготовка обладнання до експлуатації.

Вирішальним етапом є підготовка до монтажу. Він складається з організаційних заходів і підготовчих робіт. Спочатку ознайомлюються з проектом або технологічним завданням на механізацію технологічного процесу (доїння корів у доїльному залі). Уточнюють можливості реалізації даного проекту, стан будівельних споруд і їх підготовка до монтажу обладнання до технічних вимог вказаного обладнання. В разі необхідності вносять відповідні зміни до проекту, будівельних конструкцій, особливостей технологічних груп тварин, складають монтажні схеми, оформляють замовлення на виготовлення монтажних заготовок, розробляють план складання машин і обладнання на об'єкті, ознайомлюються і вивчають технічну документацію, уточнюють строки здавання об'єкта. Вирішуються питання упорядкування монтажного майданчика, обладнання місць зберігання матеріалів, інструменту, робочої одежі, а також приміщення для відпочинку робітників. Для кожного виду обладнання умови поставки визначені технічними умовами. Разом з обладнанням завод-виробник, постачальник, дилер поставляє документацію: вимоги до будівельних конструкцій, технічний опис, інструкції з експлуатації, технічного обслуговування, монтажу, пуску, регулювання та обкатки.

На прикладі фермерського господарства для обслуговування 100 голів дійного стада було складено технологічне завдання за безприв'язним утриманням, яке передбачало доїння корів у доїльному залі типу «ялинка» 2x4. Час одноразового доїння складає орієнтовно 3,5 год. та обслуговування двома операторами за змінним графіком роботи.

Об'єкт мав нове будівництво. Використано сучасні технології за безприв'язним утриманням. Поділення тварин за технологічними групами та поетапне виконання запроектованих робіт з будівництва і встановлення обладнання. Початок виконання робіт березень 2025 року і завершення в січні 2026 року.

На жовтень місяць маємо повне поголів'я тварин, отелення плановий період кінець січня – березень 2026 року. На перехідному етапі доїння корів проходить за допомогою мобільних доїльних установок в паралельно прохідних станках.

На етапі виконання будівельних робіт після ознайомлення з технічною документацією на монтаж доїльного залу власник зробив зміни з розташуванні та розмірів будівельних несучих елементів майбутнього залу без погодження. Останнє, ускладнило роботу з монтажу обладнання, вимагало додаткові металоконструкції та їх зміцнення і забезпечення надійності конструкцій доїльного залу. На рис. 1 та 2 подана загальний вид доїльної установки та монтажна схема обладнання.

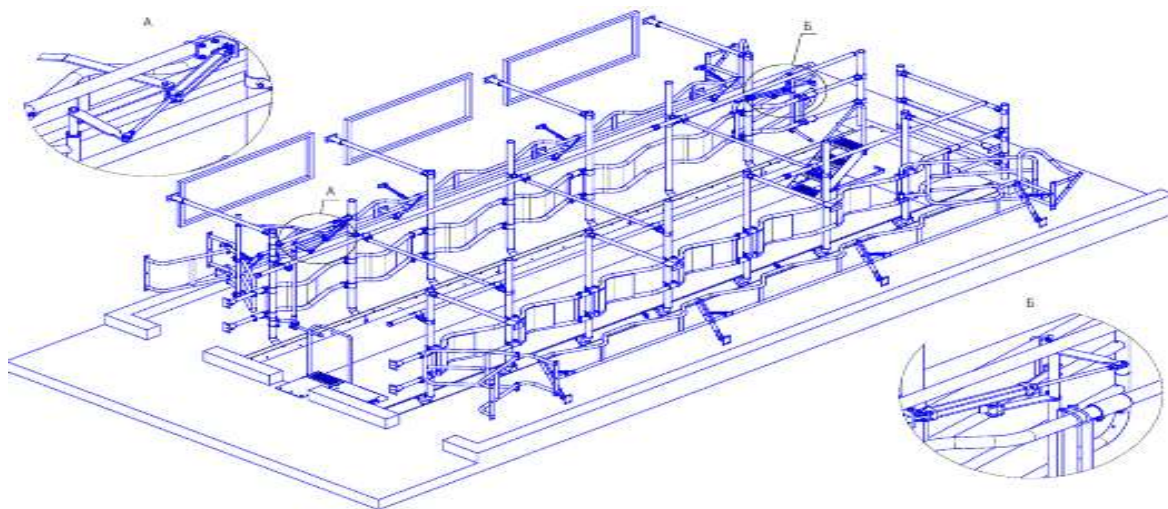


Рисунок 1 – Загальний вид доїльного залу

Отже, за пропускною спроможністю доїльні установки мають наступні показники: «карусель» - в середньому 5,5 гол./год. на скотомісце (у «ялинка» – 4 гол./год., а у «паралелі» – 4,5 гол./год). Для даного фермерського господарства, доїльна установка типу «ялинка» забезпечить обслуговування 100 голів корів за 3,1 години.



УДК 621.926.46:631.363

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОЇ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ

Ільченко А.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, avi\_77@ukr.net, Бочковський В.В.<sup>1</sup>, здобувач  
Хоменко С.М.<sup>2</sup>, викладач

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

<sup>2</sup>Житомирський агротехнічний фаховий коледж

Аналіз існуючих конструкцій молоткових дробарок дає підстави зробити висновок, що вони не можуть забезпечити якісне та ефективне подрібнення лузги круп'яних і олійних культур [1-3]. Низька насипна щільність, високий коефіцієнт внутрішнього і зовнішнього тертя призводять до поганої сипучості лузги та нерівномірної її подачі до робочих органів дробарки, внаслідок чого зростає енергоємність процесу подрібнення і знижується продуктивність.

На основі проведених досліджень на кафедрі гроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету м. Житомир була розроблена перспективна конструктивно-технологічна схема молоткової дробарки із живильним пристроєм, який забезпечує рівномірну подачу подрібнюваного матеріалу до молоткового ротора дробарки.

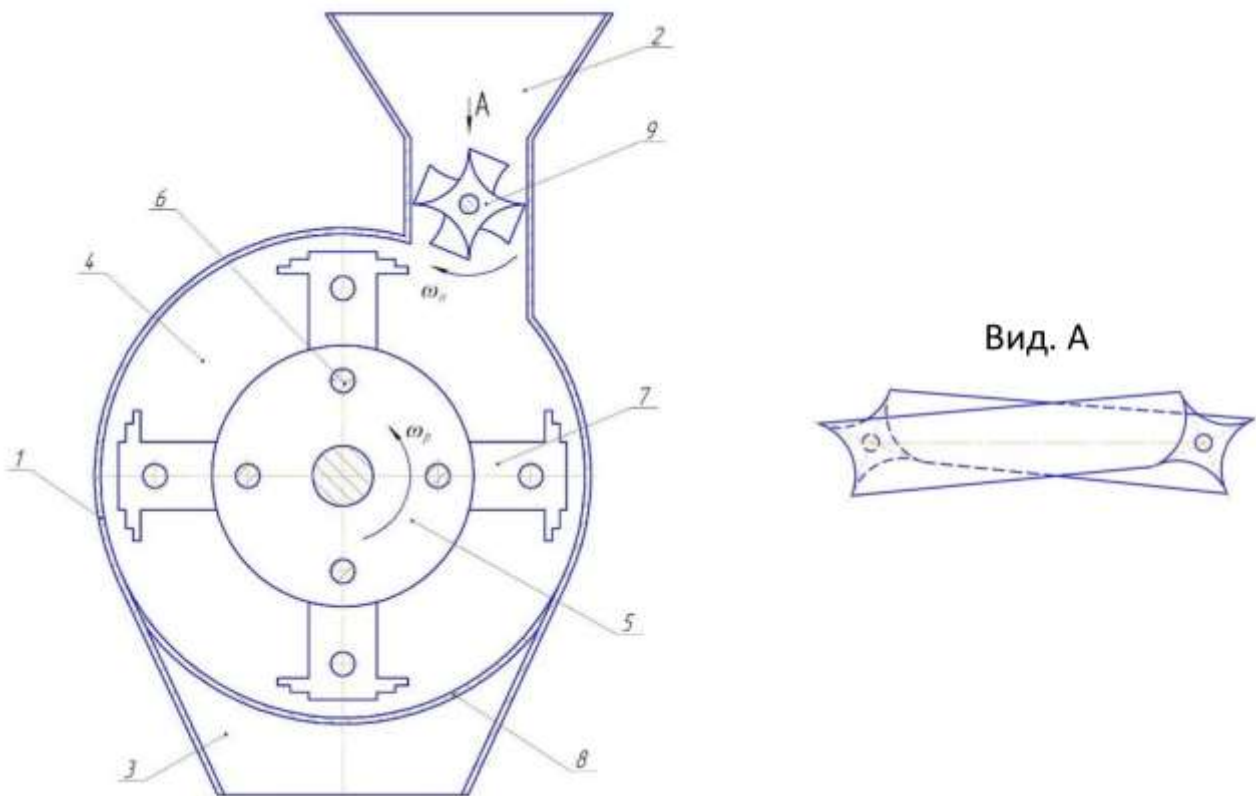
Розроблена конструкція молоткової дробарки дає змогу рівномірно подавати подрібнюваний матеріал до її робочих органів, завдяки чому зменшується динамічне навантаження на вал ротора дробарки. Також знижується енергоємність процесу подрібнення та підвищується продуктивність.

Молоткова дробарка (рис. 1) складається з циліндричного корпусу 1 із завантажувальним бункером 2 та вивантажувальним вікном 3, а також дробильної камери 4. У середині корпусу співвісно з ним встановлено ротор 5 із шарнірно закріпленими за допомогою пальців 6 молотками 7.

Також у циліндричному корпусі 1 навпроти вивантажувального вікна 3 встановлено решето 8. У горловині завантажувального бункера 2, змонтовано живильний пристрій 9, який являє собою циліндр із чотирма жолобами, протилежні сторони якого повернуті одна відносно одної.

Запропонований живильний пристрій 9 відповідає таким основним вимогам:

- забезпечує рівномірну подачу подрібнюваного матеріалу до робочих органів молоткової дробарки;
  - здійснює попереднє підпресовування матеріалу перед його надходженням у дробильну камеру;
  - гарантує необхідну пропускну здатність і герметичність.
- Робота живильного пристрою здійснюється від індивідуального приводу з регулятором частоти обертання.



- 1 – циліндричний корпус; 2 – завантажувальний бункер;  
3 – вивантажувальне вікно; 4 – дробильна камера; 5 – ротор; 6 – палець;  
7 – молоток; 8 – решето; 9 – живильний пристрій

Рисунок 1 – Молоткова дробарка

Молоткова дробарка працює таким чином.

Із бункера-накопичувача лузга надходить у завантажувальний бункер 2, звідки за допомогою живильного пристрою 9 потрапляє в циліндричний корпус 1 із дробильною камерою 4, де залучається у обертальний рух і під дією відцентрових сил накопичується в робочій зоні молотків 7, шарнірно закріплених за допомогою пальців 6 на роторі 5. Потрапляючи на робочу поверхню молотків 7, лузга подрібнюється внаслідок удару. Частково

подрібнена лузга під дією швидкості, наданої молотками 7, з великою силою вдаряється об корпус дробарки, а також об решето 8. Через отвори решета 8 подрібнена лузга видаляється з дробильної камери у вивантажувальне вікно 3.

Частинки, розміри яких менші за діаметр отворів решета 8, проходять крізь них і через вивантажувальне вікно 3 виходять із дробарки. Більш крупні частинки, які не пройшли крізь отвори решета 8, піддаються додатковому подрібненню.

Молоток (рис. 2) являє собою пластину 1, уздовж якої розташовані отвори 2 для її кріплення, а також виступи 3, радіуси від вершин яких до точки підвісу є рівними.

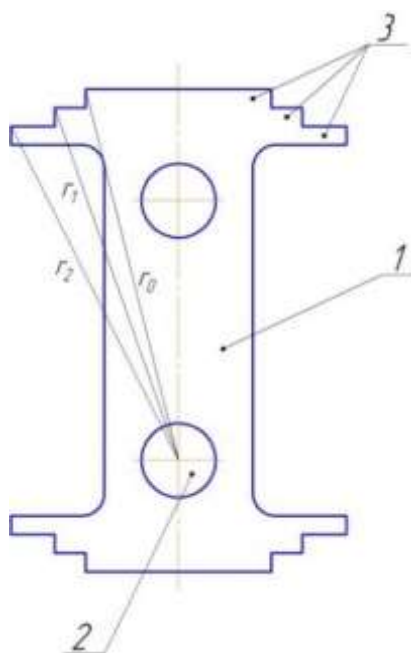


Рисунок 2 – Молоток дробарки

Досліджувана молоткова дробарка являє собою сукупність кількох окремих, але взаємопов'язаних єдиним технологічним процесом об'єктів, кожен з яких виконує певні технологічні операції, на які істотний вплив мають вхідні та вихідні параметри.

Таким чином, досліджувану молоткову дробарку можна представити як сукупність таких елементів: завантажувального бункера з живильним пристроєм, подрібнювального апарата з експериментальними робочими органами, решета та вивантажувальної горловини.

Вхідними параметрами, що впливають на робочий процес завантажувального бункера з живильним пристроєм, є фізико-механічні властивості подрібнюваного матеріалу (вологість  $W$ , насипна щільність  $\rho$ ), конструктивні та режимні параметри живильного пристрою (коефіцієнт

використання об'єму жолоба живильного пристрою  $K_v$ , частота обертання вала живильного пристрою  $n_p$ , кількість жолобів  $z_{жс}$ ).

Вихідними параметрами, що визначають роботу живильного пристрою, який подає матеріал до подрібнювального апарата, є: величина подачі  $Q_p$ , витрати потужності на подачу подрібнюваного матеріалу  $P_{под}$ , енергоємність процесу подачі  $E_{под}$  та нерівномірність подачі  $\Delta q$ .

Вхідними параметрами, що впливають на роботу подрібнювального апарата, є конструктивні та режимні параметри робочих органів (кількість молотків  $z_m$ , форма робочої поверхні молотків  $\Phi_m$ , колова швидкість молотків  $v_m$ ).

Вихідними параметрами молоткової дробарки, на основі яких здійснюється оцінювання її робочого процесу, є: продуктивність  $Q$ , витрати потужності на процес подрібнення  $P_i$ , енергоємність процесу подрібнення  $E$  та коефіцієнт якості готового продукту  $K_k$ .

Таким чином, з метою спрощення теоретичних досліджень процесу подрібнення лузги круп'яних і олійних культур молотковою дробаркою нами було прийнято рішення умовно розділити пристрій на окремі об'єкти, а їхню взаємодію в системі надалі описати за допомогою додаткових залежностей.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Perry R. H., Green D. W., Southard M. Z. Perry's Chemical Engineers' Handbook. 9th ed. New York: McGraw-Hill, 2019. 2272 с.
2. McCabe W. L., Smith J. C., Harriott P. Unit Operations of Chemical Engineering. 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2005. 1168 с.
3. Geankoplis C. J., Hersel A. A., Lepek D. H. Transport Processes and Separation Process Principles (Including Unit Operations). 5th ed. Boston: Pearson, 2018. 1201 с.



УДК 635.8:631.3

## **КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПРЕСА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ БЛОКІВ СУБСТРАТУ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ГРИБІВ**

**Ільченко А.В.<sup>1</sup>**, к.т.н., доцент, avi\_77@ukr.net, **Єсипенко П.Б.<sup>1</sup>**, здобувач

**Шевчук О.А.<sup>2</sup>**, викладач

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

*<sup>2</sup>Житомирський агротехнічний фаховий коледж*

На підставі проведеного аналізу запропоновано нову конструктивно-технологічну схему машини (преса) для формування блоків тепличного субстрату [1]. Прес для наповнення пакетів грибним субстратом містить корпус, раму, камеру завантаження, гідроциліндр з поршнем, масляну станцію, камеру пресування, фільтеру та стіл для пакета, наповненого субстратом. Відмінність запропонованої конструкції від існуючих полягає в тому, що камера стиснення має змінний переріз, який звужується у напрямку до фільтери, а поршень виконано у вигляді двох рухомих суміжних робочих пластин із можливістю переміщення відносно одна одної, шарнірно закріплених на основі за допомогою важелів. При цьому довжина важелів зовнішньої пластини перевищує довжину внутрішньої на величину, що дорівнює товщині останньої.

Прес для наповнення пакетів субстратом для вирощування грибів (рис. 1) складається з корпусу 1, рами 2, камери завантаження 3, гідроциліндра з поршнем 4, камери пресування 5, фільтери 6, масляної станції 7, поліетиленового пакета 8 та столу для пакета із субстратом 9. Корпус 1 встановлено на рамі 2. До корпусу преса прикріплено гідроциліндр із поршнем 4, для роботи якого використовується масляна станція 7. З вузького боку розташована фільтера 6. Між корпусом 1 і фільтерою 6 розміщена камера пресування 5. Для забезпечення рівномірного наповнення пакета субстратом 8 камера пресування 5 виконана зі змінним перерізом, що звужується у напрямку до фільтери. Для зручності наповнення пакет із субстратом 8 під час процесу спирається на стіл 9.

Для пресування субстрату поршень виконано у вигляді двох рухомих, суміжних робочих пластин 10 і 11, які мають можливість переміщення відносно одна одної та шарнірно закріплені на основі 12 за допомогою

важелів 13 і 14. При цьому довжина важелів 13 зовнішньої пластини більша за довжину важелів 14 внутрішньої на величину, що дорівнює товщині останньої.

Прес для наповнення пакетів грибним субстратом працює таким чином. Початкове положення: шток гідроциліндра з поршнем 4 втягнутий, поршень розташований у відкритій камері завантаження 3. Субстрат надходить у камеру завантаження 3, а звідти – у корпус 1. На фільтру 6 надягається поліетиленовий пакет 8. Після вмикання пристрою поршень починає рух у напрямку фільтру 6, переміщуючи субстрат у камеру пресування 5. Далі субстрат разом із поршнем потрапляє до камери пресування 5, що має звужувальний переріз у напрямку фільтру 6. Субстрат, який витискається поршнем при проходженні через звуження, ущільнюється та через фільтру заповнює поліетиленовий пакет 8. Під час руху поршня по камері пресування зовнішня та внутрішня робочі пластини 10 і 11 зміщуються одна відносно одної завдяки шарнірному кріпленню на основі 12 за допомогою важелів 13 і 14 відповідно зовнішньої та внутрішньої пластин. Завдяки цьому зміщенню забезпечується рух поршня по звужувальній камері пресування, що дозволяє під час роботи змінювати ширину поршня.

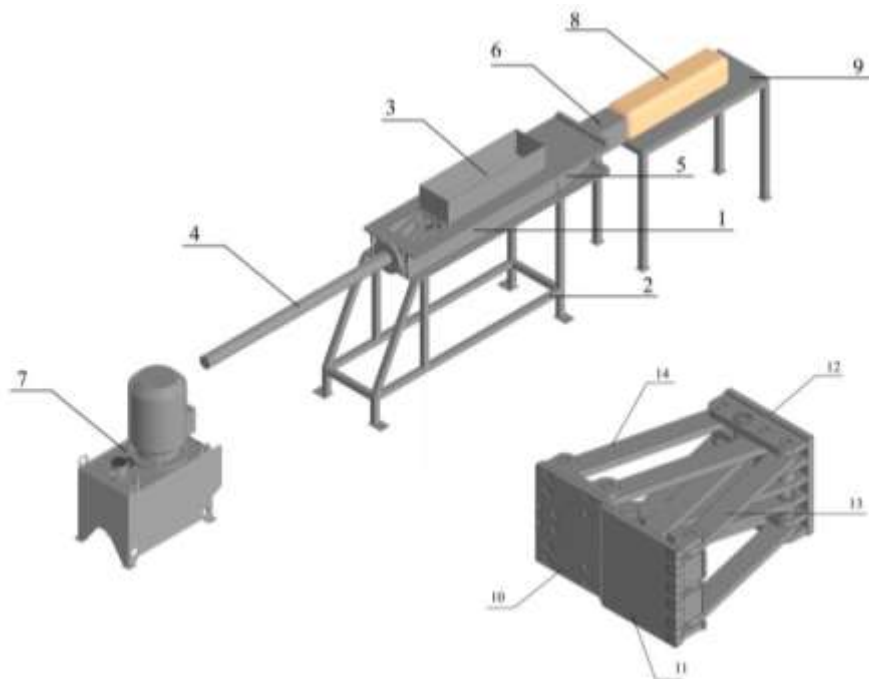


Рисунок 1 – Прес для наповнення пакетів грибним субстратом

Завдяки такій конструкції досягаються такі переваги даного пристрою: рівномірне наповнення поліетиленового пакета грибним

субстратом, однорідна щільність субстратного блока та підвищення продуктивності за рахунок використання лише одного робочого органу – гідроциліндра з поршнем.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Boonchouytan W., Chatthong J., Pongpiriyadecha N. Development of Mixing and Pressing Processes of Split-Gill Mushroom Spawn Blocks. Proceedings of Engineering and Technology Innovation, vol. 24, 2023, pp. 63-72.



УДК 636.2:629.7:658.5.

### ТЕХНОЛОГІЇ СТАЛОГО РОБОТИЗОВАНОГО КОРМОВИРОБНИЦТВА І ТВАРИННИЦТВА

**Кернасюк Ю. В.**, канд. екон. наук, завідувач лабораторії економічних досліджень та аналізу науково-інноваційного потенціалу ІСГС НААН, експерт-дорадник з аудиту, економіки та управління підприємствами;  
scientific-research-grants@proton.me,

**Гайденко О. М.**, канд. техн. наук, с. н. с., учений секретар, ІСГС НААН,  
gaidenko@gmail.com.

**Анотація:** Досліджено та науково обґрунтовано концептуальну модель впровадження технологій сталого роботизованого кормовиробництва і тваринництва. Здійснено наукометричний аналіз досліджень з даного питання.

**Ключові слова:** роботизація, інноваційні технології, корми, ефективність, автоматизація, сталий розвиток

**Постановка проблеми:** Сталий розвиток агропромислового виробництва є одним з ключових викликів ХХІ століття у зв'язку зі зростанням попиту на продукти харчування, обмеженістю природних ресурсів та необхідністю зменшення екологічного навантаження. Інтеграція робототехніки і автоматизованих систем у процеси кормовиробництва і тваринництва відкриває нові можливості для підвищення продуктивності, ефективності використання ресурсів та добробуту тварин [1–2]. Однак, на

сучасному етапі агропромислового виробництва існує проблема повільного впровадження інноваційних підходів і елементів роботизації технологічних процесів в кормовиробництві та тваринництві. Ця проблема представляє значний науковий і практичний інтерес в контексті досягнення Цілей сталого розвитку. Дане дослідження розглядає сучасні передові інноваційні технологічні підходи розвитку роботизованого кормовиробництва і тваринництва, принципи їх сталості, економічні й екологічні аспекти, а також бар'єри й перспективи впровадження

**Аналіз останніх досліджень та публікацій:** Автоматизація сільськогосподарської техніки, що базується на інтеграції передових технологій, революціонує методи сталого ведення сільського господарства [3]. У молочному скотарстві роботи виконують автоматичне доїння, годування, проштовхування корму і видалення відходів, беручи він трудомісткі і повторювані операції. Їхнє застосування дає фермерам велику гнучкість у розпорядженні часом і дозволяє приділяти більше уваги управлінню фермою [4].

**Мета досліджень:** вивчити техніко-економічний потенціал роботизації технологічних процесів в АПК Кіровоградської області та розробити модель прогнозу розвитку при врахуванні різних факторів впливу та варіантів його виробництва.

**Матеріали та методи досліджень:** дослідження проводили в рамках виконання завдань ПНД НААН 36 (36.00.00.59.П), ПНД НААН 40 (40.02.00.05.Ф), ПНД НААН 41 та ПНД НААН 44 на основі вивчення та узагальнення міжнародного досвіду та техніко-економічних розрахунків. Основними методами досліджень є аналіз, моделювання та варіантні розрахунки.

**Виклад основного матеріалу.** Сучасне аграрне виробництво потребує нових інноваційних технологій в контексті досягнення Цілей сталого розвитку. Однією із найбільш проблемних є галузь кормовиробництва, яка за останні декілька десятиліть суттєво скоротилася за обсягами виробництва кормів. Серед причин цього слід відзначити застарілі технології та високу собівартість виробництва. Роботизація та автоматизація технологічних процесів в кормовиробництві може в значній мірі сприяти вирішенню означених проблемних аспектів розвитку кормовиробництва.

Роботизоване кормовиробництво включає автоматизацію ключових етапів: підготовка ґрунту, сівба, внесення добрив, збирання врожаю та

первинна переробка кормів. Сталий підхід до розвитку роботизованого кормовиробництва має включати економічну ефективність, екологічну прийнятність і соціальну відповідальність. З погляду економіки, роботизація має знижувати собівартість одиниці продукції шляхом підвищення продуктивності та зменшення витрат на працю, матеріали та ветеринарні послуги. Однак первинні капіталовкладення можуть бути значними, що вимагає ретельного аналізу термінів окупності і моделі фінансування, включаючи лізинг обладнання та державні програми підтримки.

Збирання кормових культур із використанням комп'ютерного зору й машинного навчання для ідентифікації стиглості рослин спрямоване на уникнення механічних пошкоджень. Автоматизовані системи заготівлі і зберігання кормів також забезпечують краще контролювання вологості та якості силосу, що знижує втрати поживної цінності і розвитку патогенів. Впровадження сенсорів у бункери, силоси і транспортні лінії дає змогу в режимі реального часу відслідковувати параметри зберігання та вносити корекції. Екологічні та ресурсні переваги таких технологій пов'язані з точним дозуванням добрив і води, зменшенням ерозії ґрунту завдяки мінімальній обробці і підвищенням врожайності на одиницю площі, що сприяє збереженню земель.

Екологічна складова стосується скорочення викидів парникових газів, збереження ґрунтового покриву і біорізноманіття, ефективного використання водних ресурсів та мінімізації побічних продуктів. Системи точного внесення добрив і локалізованого зрошення зменшують нітратне забруднення ґрунтових вод, а перехід на відновлювані джерела енергії для роботи автоматизованих систем знижує вуглецевий слід ферм.

Соціальна вимірність пов'язана з добробутом тварин і кращими умовами праці. Автоматизація має сприяти підвищенню добробуту тварин через зменшення стресових процедур та поліпшення системи утримання, а також забезпечувати працівникам безпечніші умови роботи. Водночас слід враховувати ризики скорочення робочих місць у менш кваліфікованій праці та потребу в навчанні персоналу.

**Висновки:** Роботизовані технології кормовиробництва і тваринництва мають потенціал трансформувати агросектор у напрямку стійкості шляхом більш ефективного використання ресурсів, підвищення продуктивності та поліпшення добробуту тварин. Водночас успішне впровадження вимагає комплексного підходу: інвестицій у цифрову

інфраструктуру, фінансової підтримки для малого і середнього бізнесу, навчання персоналу, розробки стандартів і регуляторної бази. При адекватному поєднанні технологічних, економічних і соціальних рішень роботизоване стійке кормовиробництво може стати важливим елементом продовольчої безпеки та ефективної кліматичної політики у майбутньому.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Dayoub M., Shnaigat S., Tarawneh R.A., Al-Yacoub A.N., Al-Barakeh F., Al-Najjar K. Enhancing Animal Production through Smart Agriculture: Possibilities, Hurdles, Resolutions, and Advantages. *Ruminants*. 2024. 4. 22-46. <https://doi.org/10.3390/ruminants4010003>.
2. Attard G. Robots in Livestock Management. In: Zhang, Q. (eds) *Encyclopedia of Smart Agriculture Technologies*. 2023. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-89123-7\\_245-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-89123-7_245-1).
3. Jiang L, Xu B, Husnain N, Wang Q. Overview of Agricultural Machinery Automation Technology for Sustainable Agriculture. *Agronomy*. 2025. 15(6):1471. <https://doi.org/10.3390/agronomy15061471>.
4. Aernouts B., Adriaens I. Robotic Technologies for Dairy Farming. In: Zhang, Q. (eds) *Encyclopedia of Smart Agriculture Technologies*. 2023. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-89123-7\\_200-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-89123-7_200-1).



УДК 628.8:664

### МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВПЛИВУ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ЯКІСТЬ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

**Кіт А.А., Тімченко О.В., Каплінський В.В., Білушко В.В., Цап М.М.,  
Романович М.М., e-mail: inenbiol@mail.lviv.ua**  
*Інститут біології тварин НААН, м. Львів, Україна*

**Постановка питання.** Безпека харчових продуктів значною мірою залежить від стану повітряного середовища виробничих приміщень. Повітря може переносити пил, спори грибів, бактеріальні аерозолі, що призводить до контамінації харчової продукції. Вентиляційні системи відіграють ключову роль у забезпеченні належного мікроклімату, зниженні

рівня та запобіганні мікробіологічному забрудненню. Недотримання гігієнічних вимог та неналежне обслуговування вентиляційних систем сприяють підвищенню ризиків контамінації, що загрожує безпечності продукції та здоров'ю людей. Тому метою досліджень було проведення моніторингу впливу вентиляційних систем на якість харчових продуктів через мікробіологічний контроль, відповідно до вимог НАССР та санітарного законодавства.

**Короткий огляд стану досліджень.** Дослідження впливу вентиляційних систем на безпечність харчових продуктів є актуальними в контексті впровадження системи НАССР та вимог національних і міжнародних стандартів, таких як ДСТУ ISO 14698-1, ДСТУ ISO 14698-2 [1, 2]. Встановлено, що забруднене повітря, спричинене несправністю вентиляційних систем, може містити патогенні мікроорганізми (сальмонели, стафілококи, плісняві гриби), які контамінують продукцію [3]. Проблеми, пов'язані з накопиченням пилу, плісняви та бактерій у вентиляційних каналах, підвищують ризик перехресного забруднення [4]. Міжнародні рекомендації, зокрема ВООЗ, наголошують на необхідності регулярного моніторингу повітря для мінімізації ризиків [5].

**Стислий виклад методики досліджень.** Для оцінювання впливу вентиляційних систем на якість повітря застосовували лабораторно-інструментальні методи: седиментаційний, аспіраційний та фільтраційний. Відбір зразків проводили у виробничих приміщеннях харчових підприємств перед початком роботи та під час технологічного процесу. Використовували поживні середовища (МПА, агар Сабуро, агар Ендо) для визначення загального мікробного числа (ЗМЧ), пліснявих грибів (*Penicillium*, *Cladosporium*, *Thamnidium*), патогенних та умовно-патогенних бактерій (сальмонели, стафілококи). Зразки відбирали на висоті 0,75–1,6 м від підлоги, біля вентиляційних отворів, за експозицією 5–60 хв залежно від методу. Результати інтерпретували за формулою Омелянського для седиментаційного методу та за об'ємом пропущеного повітря для аспіраційного методу, порівнюючи з гранично допустимими межами (МДР) [3, 4].

**Результати та висновки.** Результати досліджень свідчать, що належне функціонування вентиляційних систем знижує рівень мікробного забруднення повітря до 50–70 КУО/м<sup>3</sup> у виробничих приміщеннях, що відповідає МДР для молокопереробних та кондитерських підприємств. У приміщеннях із несправними вентиляційними системами концентрація

пліснявих грибів перевищувала 500 КУО/м<sup>3</sup>, що вказує на незадовільний санітарний стан. Виявлено, що регулярне технічне обслуговування (очищення фільтрів, дезінфекція каналів) знижує ризик контамінації на 40 %. Застосування місцевої та загальнообмінної вентиляції забезпечує ефективне видалення вологи, пилу та запахів, створюючи безпечні умови для виробництва та покращення якості продукції.

Висновки:

- вентиляційні системи є одним із критичних елементів системи НАССР, забезпечуючи контроль мікроклімату та зниження мікробіологічних ризиків;

- регулярний моніторинг повітря за мікробіологічними показниками, своєчасне обслуговування вентиляційних систем є обов'язковими для підтримання якості та чистоти повітря у приміщеннях і, відповідно, для гарантування безпечності харчових продуктів;

- рекомендується впроваджувати комплексні програми валідації та аудиту вентиляційних систем відповідно до ДСТУ ISO 14698 та Закону України № 771/97-ВР [1, 2, 4].

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. ДСТУ ISO 14698-1:2005. Якість повітря. Чисті приміщення та відповідні контрольовані середовища. Контролювання біозабруднень. Частина 1. Загальні принципи та методи.

2. ДСТУ ISO 14698-2:2005. Приміщення чисті та пов'язані з ними контрольовані середовища. Контролювання рівня біологічної забрудненості. Частина 2. Оцінювання та інтерпретація даних щодо біологічної забрудненості.

3. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» № 4179а, 22.07.2014.

4. Оцінка впливу вентиляції виробничих приміщень на якість харчових продуктів. Методи контролювання за мікробіологічними показниками : методичні рекомендації / За редакцією Салиги Ю. Т. – Львів: Інститут біології тварин НААН, 2025.

5. WHO. Air quality guidelines for indoor environments. – Geneva: World Health Organization, 2021.



УДК 631.352

## ОСОБЛИВОСТІ НАВІШУВАННЯ НА РАМУ РОТАЦІЙНИХ КОСАРОК БРУСІВ ДЛЯ СКОШУВАННЯ

**Кузьменко В.Ф.**<sup>1</sup>, провідний наук. співр., ORCID iD 0000-0002-3474-939X

**Субота С.В.**<sup>1</sup>, науковий співробітник, ORCID iD 0000-0002- 4481-0016

**Пономаренко О.В.**<sup>1</sup>, провідний інженер,

**Холодюк О.В.**<sup>2</sup>, доцент, ORCID iD 0000-0002-4161-6712

**Онищенко Б.В.**<sup>3</sup>, доцент, ORCID iD 0009-0009-0350-4275

<sup>1</sup>*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН*

<sup>2</sup>*Вінницький національний аграрний університет*

<sup>3</sup>*Національний університет біоресурсів та природокористування*

**Постановка проблеми.** Ефективне утримання високопродуктивних молочних корів передбачає нормовану годівля якісними кормами. Основою годівлі корів є силос, однак в раціоні має бути сіно та сінаж, які в порівнянні з кукурудзяним силосом мають підвищений вміст білку та мікроелементів [1].

Для скошування трав використовуються ротаційні косарки. По агрегуванню з енергозасобами виділяються правоначіпні косарки, косарки фронтального агрегування, напівпричіпні та комбіновані косарки. Комбінування косарок передбачає обов'язкове використання фронтальної косарки, яка скошує траву перед трактором. Для цього використовуються трактори з передньою навіскою чи з реверсивною коробкою передач [2]. Комбінації косарок навішуються не лише на реверсивні трактори, а і на самохідні кормозбиральні комбайни.

Вивчення особливостей навішування на раму ротаційних косарок брусів для скошування, що характеризують ротаційні косарки різних типів, виявлення закономірностей у будові косарок, еволюції їхньої конструкції є актуальним науковим завданням, розв'язання якого дозволить виявити кращі технічні рішення і використати їх при розробленні нових зразків.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Досліджуючи процеси, пов'язані з розробленням ротаційних косарок-плющилок, дослідниками різносторонньо вивчалися процеси безпідпорного скошування та його окремі складові – раціональна швидкість скошування, витрати потужності на виконання процесу, установлювалися закономірності щодо розрахунку конструкційних та технологічних параметрів апаратів для скошування, тощо. Останні дослідження присвячені поглибленому вивченню та моделюванню цих процесів [3, 4]. Однак в літературі практично відсутня

інформація щодо схем приводів роторів, компонуванню косарок загалом та конструкційних елементів рами, які сприймають основне навантаження. Ці параметри сприяють якісному копіюванню поверхні поля, покрашеному приводу ротаційних косарок, створюють можливості переїзду по дорогам.

**Мета** дослідження полягає у систематизації основних схем навішування на раму ротаційних косарок брусів для скошування, особливостей їх приводу.

**Методи.** У процесі досліджень використано монографічний метод для аналізу конструкцій щодо визначення особливостей схем навішування на раму брусів для скошування ротаційних косарок за різних варіантів агрегування з тракторами, їх виважування

**Результати досліджень.** Як вказано вище за способом агрегування з енергозасобами можливо виділити п'ять типів. Однак в цих косарках вирізняються лише два способи навішування брусів для скошування: бічний та фронтальний, причому бічне навішування в чистому вигляді використовується лише в задньоначіпних косарках, а фронтальне – у фронтальних та напівпричіпних. В комбінаціях та самохідних косарках один з брусів навішується фронтально, а інші – бічним способом [5-8].

В процесі розвитку конструкцій косарок на брусах останніх стали встановлюватися балки, які кріпляться на стійках по краях брусів не заважаючи сходженню скошених стебел. Така конструкція підвищує жорсткість бруса, слугує основою для встановлення захисного полога, а також для з'єднання з рамою косарки.

Скошувальні блоки задньоначіпних косарок конструкції виробництва 2000-2010 років з'єднувалися проміжною балкою шарнірно з рамою, що встановлювалася на навіску трактора, причому один край балки на рамі встановлювався шарнірно на корпусі вала приводу, а інший – на валу шківів приводу косарки. При цьому переміщення за копіювання поверхні поля не приводять до змін у міжцентровій відстані пасової передачі, за допомогою якої приводилися до дії шестерні різального бруса. Недоліком такої конструкції є складна конструкція системи виважування блоку для скошування та необхідність його фіксації при підйомі в транспортне положення, адже при цьому поворот відбувається на трьох шарнірах.

По іншому відбувається приєднання сучасних косарок з бічним навішуванням. Для цього використовується Г – подібний важіль. Меншою частиною він шарнірно встановлюється в нижній частині рами, а довшою – шарнірно на верхній частині балки на вертикальній осі, що проходить через

центр мас бруса для скошування. Таке приєднання дозволяє, повертаючи важіль за допомогою гідроциліндра, підіймати брус для скошування у положення яке проходить вертикальне (поворот понад 180°). При цьому брус не потребує фіксації і в горизонтальне положення може бути повернутий лише прикладанням зусилля. Таке приєднання дозволяє використовувати лише одну пружину для виважування бруса. Привод роторів бруса виконується з використанням карданного валу та кутового редуктора, який обертає ВВП трактора.

По іншому навішуються на раму бруси для скошування фронтальних та напівпричіпних косарок.

У фронтальних та напівпричіпних косарок рама розташовується над брусом. Ліва та права частини бруса з рамою з'єднується парами важелів, розташованих один над іншим, що утворюють два паралелограмні механізми. Завдяки шаровим з'єднанням важелів з брусом та рамою можливе несинхронне переміщення сторін бруса. В діагональ кожного паралелограмного механізму встановлюється пружина, що суттєво зменшує тиск бруса на поверхню поля. Завдяки цьому забезпечується ковзання бруса по поверхні поля та якісне поперечне копіювання поверхні поля. В робочому стані важелі паралелограмних механізмів розташовуються під кутом 45° до поверхні поля, працюючи при цьому на розтяг. Привод роторів бруса виконується через редуктори та карданний вал, забезпечуючи надійну, без пробуксовування, передачу крутного моменту. Для підйому бруса встановлено два гідроциліндри. Висота підйому бруса складає не менше 500 мм, для транспортування по нерівним дорогам.

**Висновки.** Встановлено, що навішування на раму брусів для скошування ротаційних косарок виконується двома способами: бічним з підйомом поворотом та фронтальним з підйомом паралельно поверхні поля.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Новітні норми, раціони і технології повноцінної годівлі високопродуктивної великої рогатої худоби : керівництво-посібник / за ред. Г. О. Богданова, В. М. Кандиби. Харків: Інститут тваринництва, 2009, 1067с.
2. Кузьменко В. Ф., Субота С. В., Кузьмич А. Я., Холодюк О. В. Передумови створення напівпричіпної ротаційної косарки. *Механіка та автоматика агропромислового виробництва*: Загальнодерж. зб./ ІМА АПВ НААН. Глевах, 2025. Вип.№ 5 (119). С.
3. Kondratiuk D. H., Trukhanska O. O., Priadkin M. O. Analiz konstruktsii

rotatsiinykh kosarok-pliushchylok. Engineering, Energy, Transport AIC. 2024. 1 (124). P. 106–114. <https://doi:10.37128/2520-6168-2024-1-12>

4. Kondratyuk, D., Komaha, V., Tokarchuk, O., & Polievoda, Y. (2021). Determination of the main parameters of the rotary mower cutting apparatus. Colloquium-journal, 7 (94), 65–70. <https://doi:10.24412/2520-6990-2021-794-65-70>

5. Disc mowers. Krone. URL: <https://www.krone-northamerica.com/products/disc-mowers>.

6. Mowers. PÖTTINGER Landtechnik GmbH. URL: [https://www.poettinger.at/en\\_uk/produkte/kategorie/mw/mowers](https://www.poettinger.at/en_uk/produkte/kategorie/mw/mowers).

7. Mowers. SIP. URL: <https://www.sip.si/en/products/mowers/>.

8. Mowers. KUHN Farm Machinery. URL: <https://www.kuhn.co.uk/hay-forage/mowers>.



УДК 636.084.74

## ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ МОБІЛЬНОГО МОДУЛЬНОГО ЗМІШУВАЧА-РОЗДАВАЧА КОРМІВ

Куликівський В.Л., к.т.н., доцент, [kylikovskiyv@ukr.net](mailto:kylikovskiyv@ukr.net)

*Поліський національний університет, м. Житомир*

**Постановка питання.** Одним із напрямів скорочення енергоємності машин та обладнання, задіяних у процесі приготування та роздавання кормів тваринам є вибір способу згодовування продуктів. Він має бути реалізований з урахуванням фізіологічних процесів, що відбуваються в організмі тварин під час годівлі.

**Короткий огляд стану досліджень.** Широко відомі два способи годівлі тварин на фермах великої рогатої худоби [1]. Перший спосіб полягає у роздільному, послідовному видаванні тваринам грубих, соковитих та концентрованих кормів. Даний виробничий процес дуже енергоємний, оскільки для видавання кормів необхідне різне обладнання, від механізованих транспортних засобів до ручної техніки. Водночас дуже складно організувати дозоване видавання кормів, що негативно позначається на їх засвоюванні тваринами. Така операція, як видавання концентрованих кормів, супроводжується виділенням легкої фракції у

навколишнє середовище, наслідком є втрати частини необхідних тваринам елементів живлення. Істотним недоліком даного способу є збільшення тривалості процесу годування, що погіршує апетит тварин. Інший спосіб годування полягає в одночасному роздаванні всіх видів кормів у вигляді кормосуміші [2, 3]. Він дозволяє підвищити продуктивність тварин за рахунок взаємодоповнюючої дії компонентів суміші та збільшити споживання кормів на 6...10 % у молочних корів і 11...16 % в молодняку на відгодівлі, а також знизити втрати кормів на 11...16 %.

**Виклад основного матеріалу.** Важливою технологічною операцією під час реалізації запропонованої енергозберігаючої технології приготування та роздавання кормів тваринам є саме процес розподілення готових сумішей. Згідно з технологією в годівниці великої рогатої худоби (ВРХ) видається кормосуміш, яка формується з двох груп кормів – об'ємних силосованих стеблових кормів та багатокомпонентної високоенергетичної добавки.

Стеблові та високоенергетичні корми видаються тваринам у заданій кількості, яка повинна зберігатися протягом виконання технологічної операції. Відповідно до запропонованої енергозберігаючої технології годівлі тварин складено поопераційну технологічну схему робочого процесу мобільного модульного змішувача-роздавача (рис. 1).



Рисунок 1 – Поопераційна технологічна схема робочого процесу мобільного модульного змішувача-роздавача кормів

З представленої технологічної схеми видно, що ряд операцій може виконуватися із застосуванням тих самих технічних засобів. Так, операція зважування кормів може бути виконана послідовно, в міру їхнього завантаження у бункер. Видавання у годівниці кормосуміші із двох дозованих груп кормів одним агрегатом відповідає зоотехнічним вимогам годівлі тварин.

Істотно відрізняється процес навантаження двох видів кормосумішей. Багатокомпонентна високоенергетична добавка завантажується в бункер вивантажувальним транспортером у пунктах приготування суміші або готується з компонентів в модулі, а навантаження стеблових кормів здійснюється у місцях їх зберігання.

**Висновки.** З метою скорочення кількості машин, а отже і енергоємності операції навантаження кормів, ефективно комплектувати мобільний змішувач-роздавач відповідним обладнанням. Поєднання окремих технічних систем в одному змішувачі-кормороздавачі дозволяє зменшити кількість машин для реалізації технологічного процесу при збереженні зоотехнічних вимог, а також скоротити до мінімуму час на роздавання кормів. Під час подальших розробок конструкторсько-технологічних схем мобільних змішувачів-роздавачів кормів необхідно врахувати світові тенденції щодо створення машин даного призначення.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Радчук В. В., Потапова С. Є. Сучасні технології та технічні засоби годівлі великої рогатої худоби. *Machinery & Energetics*. 2020. Vol. 11, No 2. P. 137–143.

2. Куликівський В. Л. Аналіз ресурсозберігаючих технологій приготування та роздавання кормових сумішей тваринам. *Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві* : XIII Міжнародна науково-технічна конференція, смт Глеваха Київської області – м. Київ, Україна, 1–18 жовт. 2024 р. : матеріали конференції. Глеваха-Київ. 2024. С. 58–60.

3. Хмельовський В. С., Потапова С. Є. Технологічні та технічні передумови приготування якісної кормосуміші для ВРХ. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2018. Вип. 18 (2). С. 248–257.



УДК 631.331.54:631.363.4

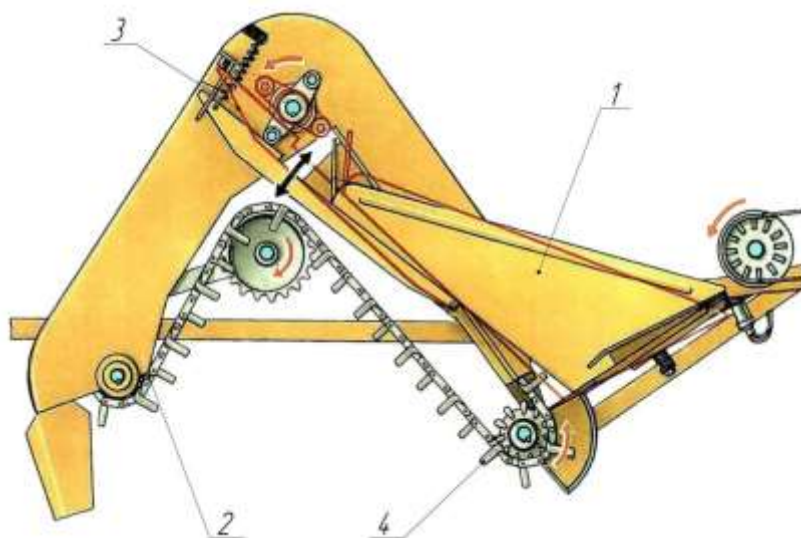
## ВИСАДЖУВАЛЬНІ АПАРАТИ МАШИН ДЛЯ САДІННЯ ПРОРОЩЕНОЇ КАРТОПЛІ

Куликівський В.Л., к.т.н., доцент, [kylikovskiyv@ukr.net](mailto:kylikovskiyv@ukr.net),

Вакулін В.В. здобувач освіти

*Поліський національний університет, м. Житомир*

Основним робочим органом САЯ-4 є садильний апарат (рис. 1) із вбудованим у дно бункера 1 дворядним ложечно-транспортним пристроєм (елеватором) 2 з пружинними скидачами зайвих бульб 3.



1 – бункер; 2 – ложечно-транспортний пристрій; 3 – скидач; 4 – ложечка

Рисунок 1 – Садильний апарат картоплесаджалки САЯ-4

Недоліки цього апарата полягають у тому, що під час захоплення пророщених бульб із бункера 1 ложечки 4 із захопленими ними бульбами, переміщаючись угору, впливають на сусідні бульби, які знаходяться в бункері, змушуючи їх рухатися та перемішуватися. Унаслідок такого взаємного переміщення між бульбами, що знаходяться в бункері, паросткам цих бульб завдаються механічні пошкодження.

Крім того, ложечки захоплюють зайві бульби, які потім за допомогою пружинних скидачів повертаються назад у ковш-живильник. Під час

скочування з певної висоти вони додатково травмують паростки пророщених бульб, що перебувають у ковші-живильнику, що негативно впливає на кінцевий результат – урожай картоплі.

Порівняно нещодавно з'явився і відразу був запатентований у багатьох країнах стрічково-транспортний садильний апарат із безперервним потоком бульб. Найвідомішою машиною з таким апаратом є саджалка Смолфорд (Англія) (рис. 2).

Апарат являє собою безкінечний прогумований ремінь шириною 63 мм і довжиною робочої поверхні 1220 мм. По внутрішньому контуру ремня приварено клиновий ремінь, а на зовнішньому робочому контурі плоского ремня розташовані невеликі виступи для підвищення зчеплення бульб. На кожному апараті встановлено по два ремені під кутом  $90^\circ$  між ними у поперечному перерізі. Ремені в перерізі утворюють V-подібний садильний жолоб. Один із ременів апарата є швидкохідним, інший – тихохідним.

Співвідношення лінійних швидкостей ременів становить 1:2.

Механізм подавання бульб до апарата – напівавтоматичного типу і містить розташоване біля основи бункера коливне дно, штифтовий валик та дозатор. Валик призначений для розподілу бульб перед дозатором в один шар і перекриття потоку бульб до дозатора в момент передачі їх із дозатора на стрічки апарата.

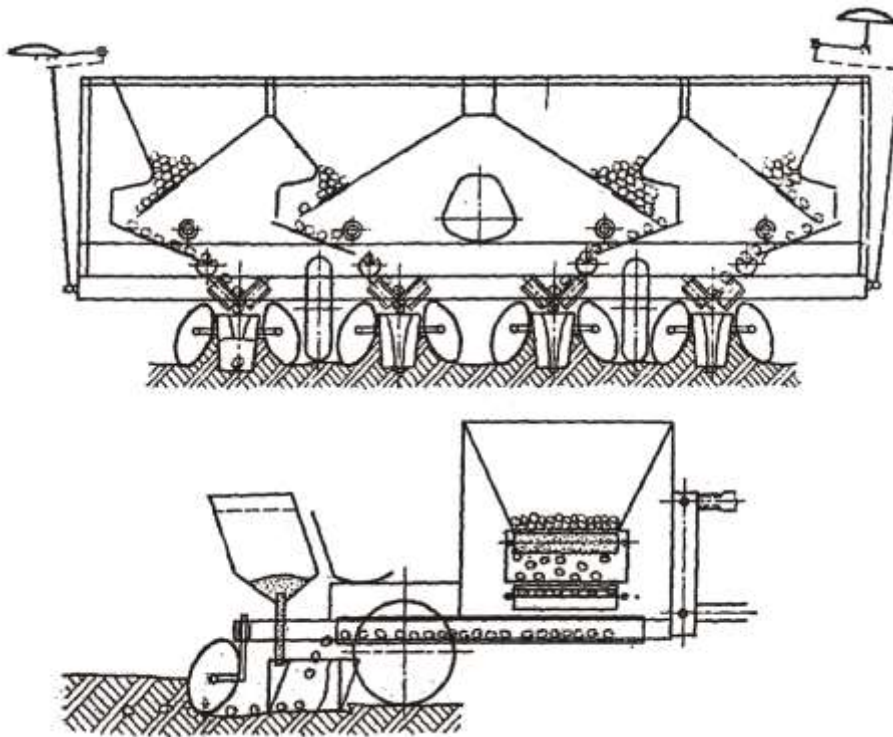


Рисунок 2 – Технологічна схема саджалки Смолфорд

Дозатор являє собою циліндр діаметром 64 мм, по всій довжині якого вирізано сектор під бульби. Недоліками цієї машини є висока вимогливість до калібрування бульб за бажаною округлості картоплин та нерівномірність розподілу бульб уздовж борозни.

Так, у Нідерландах розроблено транспортерно-струнний механізм садіння, у якому для кожного з двох одночасно висаджуваних рядків подавання бульб здійснюється за допомогою 28 ременів. Насіннєві бульби розташовуються в одну лінію. Ремені формують жолоб. Шість центральних ременів утворюють систему садіння насінневих бульб, а решта двадцять два (по одинадцять із кожного боку) – систему подавання. Ремені подавання та ремені садіння обертаються у протилежних напрямках, сприяючи таким чином витягуванню бульб у лінію. Крок садіння регулюється вибором однієї з шістнадцяти передач, що мають привід від ходових коліс.

Первинний стрічковий транспортер, який приводиться в дію через електромагнітну муфту від реле тиску у вузлі багаторемінного подавання, скидає бульби в жолоб, що регулює норму садіння. Бульби з перекидного лотка або живильного бункера потрапляють на первинний транспортер. Кожна бульба окремо захоплюється валиками з м'якої губчастої гуми та поміщується на садильну ремінну систему, а потім – у борозну, сформовану сошником саджалки.

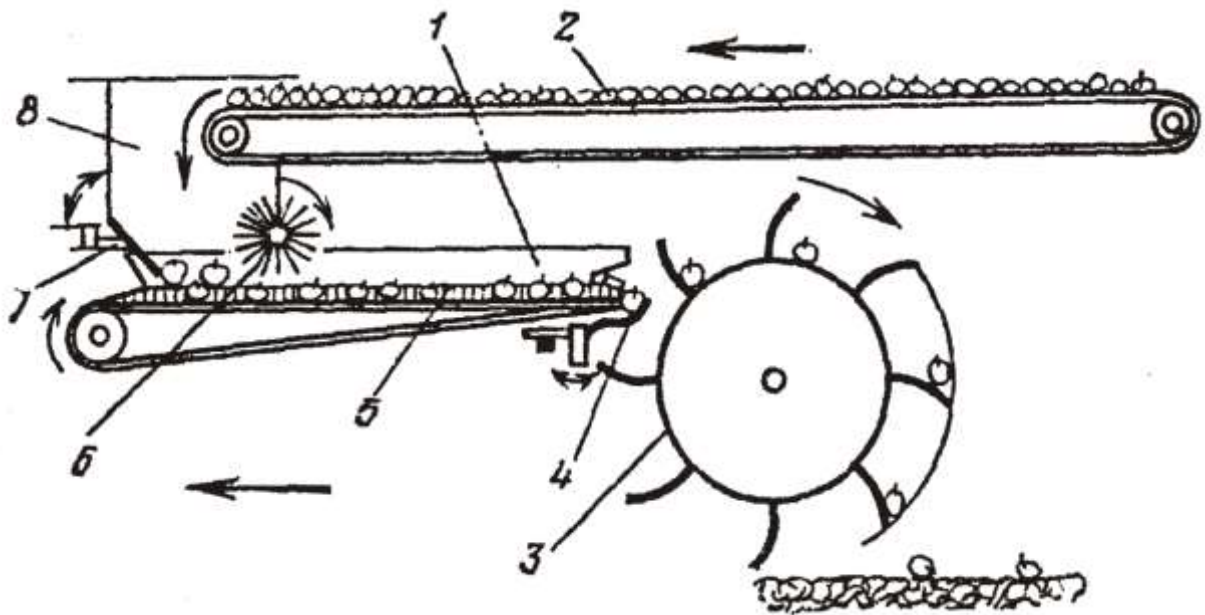
Широкого поширення ця розробка не набула, оскільки система подавання не забезпечувала чіткого розподілу бульб у борозні. По суті, транспортерно-струнні садильні апарати здійснюють не рядкове садіння із заданою відстанню між бульбами, а рядковий посів із висадкою заданої маси бульб на 1 га.

На сьогодні існують садильні машини, які можна віднести до комбінації наведених вище типів. До них, у першу чергу, належить французька саджалка (рис. 3), створена спеціально для висаджування пророщених бульб.

Механізм безпосередньо складається зі стрічкового транспортера 2, який подає бульби в бункер 8. На дні бункера розташовані шарнірно з'єднані пластини 7, що фіксують кілька бульб, які потрапили в бункер, та керують увімкненням і вимкненням транспортера. Потім бульби надходять на нижній подаючий стрічковий транспортер 5, виконаний у формі V-подібного жолоба.

Циліндрична щітка 6 і зворотно-поступальні поперечні коливання транспортера 5 забезпечують розташування бульб в один ряд.

Наприкінці транспортера бульби одна за одною падають на шарнірно закріплену вилоподібну пластину 4, яка, перекидаючись під вагою бульби, розмикає електромагнітну муфту та зупиняє транспортер. Після цього бульбу підхоплює безперервно обертове колесо 3 зі спеціальними ложечками та подає її в ґрунт. Щойно вилоподібна пластина 4 звільняється від чергової бульби, транспортер 5 знову приводиться в дію, і процес повторюється у тій самій послідовності.



1 – пристрій, що забезпечує поперечні зворотно-поступальні коливання транспортера; 2 – плоскоремінний транспортер; 3 – колесо зі спеціальними ложечками; 4 – вилоподібна пластина; 5 – транспортер; 6 – циліндрична щітка; 7 – шарнірно закріплена пластина; 8 – бункер

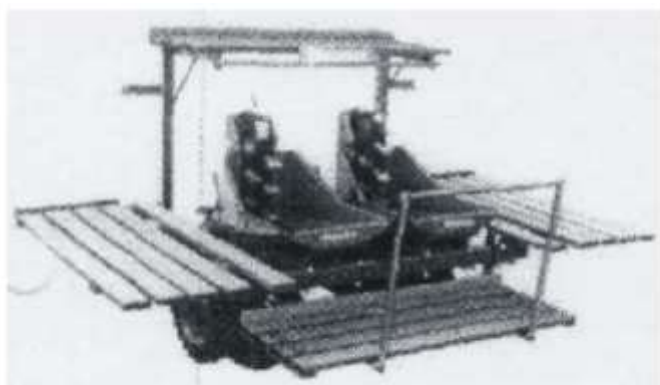
Рисунок 3 – Висаджувальний механізм для пророщених бульб фірми «Жантиль» (Франція)

Заслугує на увагу саджалка з наколювальними висаджувальними апаратами, призначена головним чином для висаджування розрізаних бульб. Проте її можна використовувати і для висаджування цілих бульб, хоча в цьому випадку делікатне поводження з ними не гарантується.

Механізм оснащений колесами, на яких установлені важелі, що складаються із зубця та скидаючого кулачка. Бульби наколюються й розміщуються на вилах. У точці розвантаження вилки проходять через головку, що звільняє бульби. Норма висіву регулюється вибором зірочки в

механізмі приводу. Наколювальні апарати не забезпечують рівномірного розкладання бульб і потребують ретельного видалення з посадкового матеріалу каміння, що під час збирання картоплі на засмічених ділянках є досить складним. Крім того, під час наколювання бульб відбувається їх травмування, що підвищує ймовірність зараження насінневого матеріалу хворобами. За кордоном для садіння пророщеного матеріалу застосовують напівавтоматичні машини, обладнані висаджувальними дисками з комірками, у які бульби укладаються вручну.

Фірма «Hassia» (рис. 4) випускає дво- та трирядні картоплесаджалки GLV-2D і GLE-3D, призначені для садіння пророщеної картоплі. Вони оснащені ремінно-чашковим садильним апаратом і гладким стрічковим транспортером для подавання бульб із бункера. Привід саджалок здійснюється від ходових коліс. Ширина міжрядь становить 75 см, а відстань у рядку регулюється в межах від 35 до 50 см. Саджалки GLV-2D і GLE-3D серійно комплектуються майданчиками для ящиків із пророщеним посадковим матеріалом, що включають опорну дошку та спинку для садильника, а також ложечні вставки для пророщеної картоплі.



а)



б)

а) Hassia GLV-2D; б) Hassia GLE-3D

Рисунок 4 – Картоплесаджалки

Ширина міжрядь у цих машин регулюється в межах від 62,5 до 75 см. Продуктивність становить 0,6–0,8 га/год.

Фірма «Cramer» випускає дві запатентовані картоплесаджалки – ковшову та черпакову. Ковшова саджалка призначена для садіння відсортованих бульб, оснащена струшувачем і легкозмінними пластиковими вставками, що забезпечують точність захоплення бульб

ковшами та запобігають потраплянню в гніздо двох і більше бульб.

Черпакова саджалка призначена для садіння подовжених і великих бульб. Надлишкові бульби за допомогою редуційного містка знову повертаються в бункер. В обох саджалках привід здійснюється від опорного колеса.



УДК 631.331.2:621.515

## **АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ СІВАЛОК ДЛЯ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР**

**Куликівський В.Л.**, к.т.н., доцент, [kylikovskiyv@ukr.net](mailto:kylikovskiyv@ukr.net),  
**Дармограй М.М.**, здобувач освіти, **Кусковський О.П.**, здобувач освіти,  
**Пархомчук М.П.**, здобувач освіти  
*Поліський національний університет, м. Житомир*

Посів – це операція, що є основною й водночас важливою складовою будь-якої технології вирощування сільськогосподарських культур. Від якості посіву та дотримання його строків залежать урожайність, собівартість вирощування культури, а отже, і прибутковість підприємства.

Просапні культури висівають таким чином, щоб була можливість проводити міжрядний обробіток ґрунту та виконувати операції з догляду за посівами. Міжрядні операції позитивно впливають на ріст і розвиток рослин, що, своєю чергою, сприяє підвищенню врожайності. Посів здійснюють агрегатами, до складу яких входять сівалки точного висіву, що забезпечують рівномірний розподіл насіння на необхідній площі живлення відносно одне до одного.

Просапні сівалки за принципом дії висівного апарата, тобто за способом «передачі» насіння в борозну, поділяються на механічні, пневматичні та пневмомеханічні.

В останні роки встановлено, що механічні дозувальні апарати негативно впливають на посівний матеріал, завдаючи травмуючої дії на робочих швидкостях понад 7 км/год, що є неприпустимим, оскільки призводить до зниження врожайності. Також визначено необхідність ретельного калібрування насіння за розміром для забезпечення якісного висіву цими апаратами.

Неможливість механічними апаратами якісно дозувати некаліброване насіння, низькі робочі швидкості посіву та травмування посівного матеріалу призвели до обмеженого використання цього виду техніки в Україні та за кордоном. У зв'язку з цим виробники посівної техніки переходять на виготовлення універсальних апаратів пневматичної дії.

У пневматичних висівних апаратах, що дають змогу висівати поодинокі насіння сої, застосовують розрідження повітря (вакуум) або його нагнітання під тиском. Для посіву просапних культур використовують сівалки, конструкційно подібні одна до одної, але такі, що суттєво відрізняються застосуванням різних вузлових деталей.

Розглянемо далі найпоширеніші в сучасному сільськогосподарському виробництві конструкції сівалок із надлишковим тиском.

Насамперед становить інтерес сівалка Great Plains моделі YP-825A виробництва США, що використовується для посіву просапних культур і має функцію подвійного висіву (рис. 1). На цій сівалці застосовуються висівні апарати точного висіву з використанням надлишкового тиску.

Конструкція сівалки — причіпна. Т-подібна рама виготовлена з профілю. Встановлено чотири опорні колеса та три тукові ящики. Сівалка оснащена вентилятором, який створює надлишковий тиск, ресивером, що згладжує перепади тиску в пневмосистемі, а також дисковими сошниками, колтерами й маркерними пристроями.



Рисунок 1 – Сівалка точного висіву Great Plains YP-825A виробництва США

Привідні колеса обладнані шинами з протектором, які забезпечують мінімальний коефіцієнт буксування під час руху. Компактні розміри посівних секцій (рис. 2) дають змогу встановлювати мінімальні міжряддя до

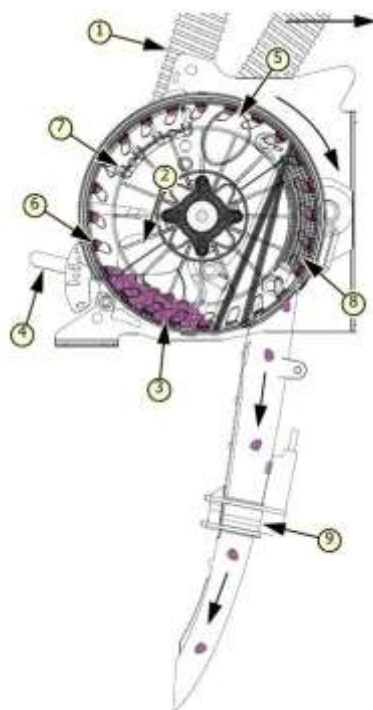
20 см. Висівний апарат використовує надлишковий тиск для поштучної подачі насіння в дводисковий сошник. За допомогою сошника насіння загортається в ґрунт, а опорні котки покращують контакт насіння з ґрунтом і забезпечують дотримання заданої глибини загортання. V-подібні колеса загортаючих пристроїв ущільнюють ґрунт з боків насіння, а за допомогою механізму регулювання глибини загортання встановлюється необхідне значення. Секція кріпиться до рами за допомогою паралелограмного механізму, який дозволяє копіювати рельєф поля, зберігаючи вертикальне положення. Додаткове навантаження на сошник здійснюється завдяки встановленню у паралелограмний механізм пружин. Установка грудковідвода запобігає забиванню сошника. Колтери потрібні для полегшення проникнення сошників у ґрунт.



Рисунок 2 – Посівна секція сівалки YP-825A

Висівний апарат (рис. 3) із надлишковим тиском виготовлено з використанням полімерних матеріалів. Застосування полімерів має низку переваг порівняно зі сплавами металів. Диск для дозування насіння має складну форму і також виготовлений із полімеру. Дозувальні елементи розташовані по краю диска таким чином, що насіння знаходяться між диском і корпусом апарата. Відокремлення насіння від диска відбувається в момент припинення контакту з корпусом.

Апарат працює таким чином. Насіння з герметичного бункера подається через регульований отвір у насінневу камеру. Під дією різниці між позитивним тиском у середині апарата та атмосферним тиском зовні насіння притискаються до дозувальних отворів 6 і далі транспортуються через триступеневий щітковий скидач зайвого насіння 7 до місця їх скидання у приймальну трубу. Пара щіток встановлена для відокремлення насінневої камери від зони скидання насіння.



1 – пневмопровід; 2 – висівний диск; 3 – насіння; 4 – механізм регулювання; 5 – вікно подачі повітря; 6 – дозувальний елемент; 7 – щітковий скидач «зайвого» насіння; 8 – прокладка; 9 – датчик контролю висіву

Рисунок 3 – Схема висівного апарата «Air-Pro®» сівалки YP-825A

Сівалка Tempo F для висіву просапних культур від шведської компанії Väderstad також працює за принципом надлишкового тиску. Вона використовується для висіву таких культур, як:

- квасоля та горох;
- кукурудза та соняшник;
- одночасного внесення в ґрунт добрив і пестицидів (рис. 4).



Рисунок 4 – Сівалка точного висіву VÄDERSTAD

Сівалка являє собою причіпну машину з Т-подібною складною рамою складної конструкції. На ній розташовано центральний туковий бункер із механізмом дозування, опорні та копіювальні колеса, а також систему нагнітання повітря. За допомогою паралелограмного механізму до рами приєднано вісім посівних секцій.

На секціях встановлено: висівний апарат (рис. 5) із бункером, виготовленим із полімерного матеріалу; дводисковий сошник; ролик-уловлювач насіння в борозні; опорні котки великого радіуса та V-подібні колісні загортаючі пристрої. На опорних котках встановлено чистики. Привід висівного апарата здійснюється за допомогою електродвигуна, що дає змогу відмовитися від трансмісії та спростити технічне обслуговування. Додаткове навантаження на сошник забезпечується торсіоном або встановленням гідроциліндрів.



Рисунок 5 – Посівна секція сівалки Тетро F

Високотехнологічний висівний апарат являє собою складну в проектуванні та виготовленні конструкцію. Більшість вузлів і механізмів виготовлено з полімерних матеріалів.

Принципову схему роботи висівного апарата (рис. 6) можна описати таким чином:

- висіване насіння надходить у камеру та притискається до комірок на висівному диску під дією надлишкового тиску;
- за допомогою роликів видаляється зайве насіння;
- насіння транспортується до приймального пристрою, де ролик на контурі висівного отвору усуває надлишковий тиск;
- насіння потрапляє в приймальний пристрій, а потім через насіннепровід – у борозну;

– насіннева камера та приймальний пристрій відокремлені решіткою, що запобігає потраплянню зайвого насіння з потоком повітря.



Рисунок 6 – Висівний апарат сівалки Tempo F

Сівалка точного висіву EDX 6000-TC (рис. 7) причіпного типу від німецької компанії AMAZONE дає змогу:

- висівати кукурудзу, соняшник, сорго та ріпак;
- одночасно вносити в ґрунт добрива;
- працювати в агрегаті з тракторами III тягового класу.



Рисунок 7 – Сівалка EDX 6000-TC

Модель EDX 6000-TC включає:

- Т-подібну складну раму, що зменшує габарити машини до трьох метрів під час транспортування;
- туковий бункер, розташований у центрі конструкції (об'єм – 3000 літрів);
- бункер для насіння (об'єм – 600 літрів);

- насіннєвий дозатор барабанного типу;
- вісім висівних секцій;
- два опорні колеса;
- пристрій для розподілу добрив.

Висівні секції кріпляться до рами за допомогою паралелограмного механізму з гідравлічним довантажувачем.

Також становить інтерес конструкція з централізованою висівною системою (рис. 8). Вона містить об'ємний бункер 1, що значно полегшує завантаження та розвантаження посівного матеріалу. Єдина висівна система з дозувальним барабаном 2 обслуговує всі сошники. Така схема усуває необхідність у ресивері, спрощує пневмосистему, полегшує регулювання норми висіву та положення скидачів, які видаляють «зайве» насіння.

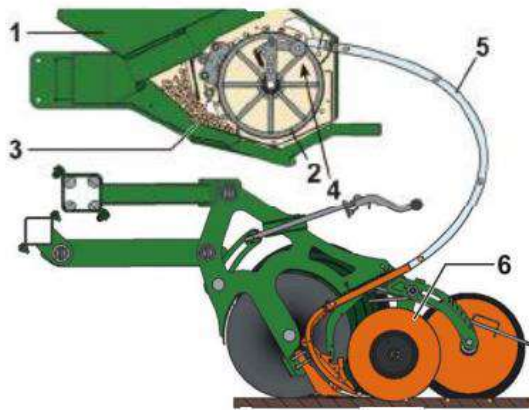


Рисунок 8 – Схема централізованої висівної системи сівалки EDX 6000-TC

Дозування насіння здійснюється за такою схемою. Завантажене в бункер 1 насіння після початку висіву під дією сили тяжіння потрапляє в насіннєву камеру. Тут на нього починає діяти надлишковий тиск, унаслідок чого насіння притискається до діаметрально розташованих комірок. Обертаючись, барабан 2 транспортує насіння до місця скидання у насіннепровід 5 і під ролик 6. Для забезпечення подачі лише одного насінини до кожного отвору застосовується вилчастий скидач зайвого насіння. Приймальний пристрій являє собою трубку, у яку насіння разом із потоком повітря потрапляє після того, як ролик 4 перекриває дозувальний отвір.

Таким чином, розглянуті сівалки оснащені принципово різними висівними апаратами.



УДК 663.63.043.3:621.983.3

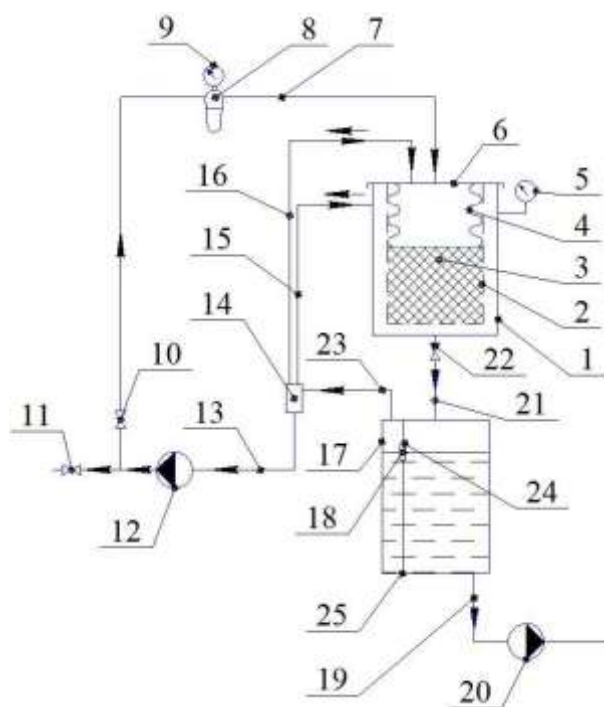
## ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПУ РОБОТИ МЕМБРАННО-ВАКУУМНОГО ПРЕСА

Куликівський В.Л., к.т.н., доцент, [kylikovskiyv@ukr.net](mailto:kylikovskiyv@ukr.net)

Прищепа А.В., здобувач освіти,

Поліський національний університет, м. Житомир

Для підвищення якості отриманого сусла під час віджимання виноградної м'язги та зниження енергоємності технологічного процесу запропоновано мембранно-вакуумний прес, зображений на рис. 1.



1 – корпус; 2 – перфорована вставка; 3 – камера пресування; 4 – гофрована мембрана; 5 – мановакуумметр; 6 – кришка; 7 – магістраль високого тиску; 8 – регулятор тиску; 9 – манометр; 10, 11 – вентилі; 12 – вакуумний насос ВВН-1-8 – компресор; 13 – вакуумна магістраль; 14 – пульсатор; 15, 16 – магістралі змінного тиску; 17 – ємність для збору сусла; 18 – датчик рівня поплавкового типу; 19 – патрубок для збору сусла; 20 – відцентровий насос; 21 – патрубок для відведення сусла; 22 – зворотний клапан; 23 – патрубок постійного вакууму; 24, 25 – герметичні контакти

Рисунок 1 – Схема проектованого мембранно-вакуумного преса для віджимання виноградної м'язги

Його конструкція забезпечує щадний режим пресування без деформації оболонки м'язги та кісточок. У процесі віджимання від м'якоті відділяється сушло-самоплин – найцінніша фракція, з якої виготовляють шампанське та марочні сорти вина.

Удосконалений мембранно-вакуумний прес (рис. 1) складається з корпусу 1, всередині якого розміщено перфоровану вставку 2 та гофровану мембрану 4. Зверху корпус преса герметично закривається кришкою 6. Простір між перфорованою вставкою та гофрованою мембраною утворює камеру пресування 3. За допомогою патрубків для відведення сушла 21 з зворотним клапаном 22 корпус преса з'єднується з ємністю для збору сушла 17, у якій встановлено датчик рівня поплавкового типу 18 та герметичні контакти 24 і 25. Центробіжним насосом 20 зібране сушло з ємності для збору перекачується у приймальну ємність. Для створення змінного тиску в пресі використовується вакуумний насос ВВН-1-8 – компресор 12, який через вакуумну магістраль 13 під'єднується до пульсатора 14 і через нього патрубком постійного вакууму 23 з'єднується з ємністю для збору сушла, а магістралями змінного тиску 15 і 16 – з корпусом преса. На виході з вакуумного насоса-компресора встановлено магістраль високого тиску 7, яка під'єднана до кришки корпусу преса. Контроль тиску здійснюється за допомогою регулятора тиску 8 та мановакуумметра 5.

Удосконалений мембранно-вакуумний прес працює таким чином.

Мезга завантажується у лавсановий мішок і поміщається у перфоровану вставку, встановлену в корпусі преса. Зверху корпус преса герметично закривається кришкою з гофрованою мембраною.

На першому етапі пресування через перфоровану вставку 2 відбувається відділення соку-самопливу, який стікає у приймальну ємність 5. Зібраний сік-самоплин відкачується насосом 20 у ємність для збору соку-самопливу (на рисунку не показана).

Далі вмикають вакуумний насос ВВН-1-8 – компресор 12, і в ємності для збору сушла 17 та камері пресування 3 створюється розрідження, а в надмембранний простір подається атмосферне повітря.

Під дією перепаду тисків м'язга пресується гофрованою мембраною 4. Отриманий при цьому сік першого віджимання надходить у ємність для збору сушла 17. У міру її заповнення датчик рівня поплавкового типу 18 замикає герметичний контакт 24 і вмикає в роботу насос 20, який відкачує зібране сушло. Після відкачування сушла з ємності 17 поплавковий датчик розмикає герметичний контакт 25, і насос 20 вимикається. У процесі

віджимання м'язги періодично спрацьовує пульсатор 14, і відбувається зміна областей розрідження та атмосферного тиску по обидва боки гофрованої мембрани 4. У результаті цього відбувається розпушення м'язги, що сприяє більш повному виходу соку. Здійснюється збір соку другого віджимання. При зниженні інтенсивності відділення соку відкривають вентиль 10, і в надмембранний простір подається стиснене повітря, збільшуючи тиск пресування. Таким чином, збирається сік третього віджимання. Після завершення процесу пресування систему вакуумування вимикають, а в камеру пресування подається атмосферне повітря. Після цього відкривають кришку 6 і виконують розвантаження м'язги.



УДК 631.3:634.11:004.932.2

## **АНАЛІЗ УСТАНОВОК ДЛЯ СОРТУВАННЯ ЯБЛУК**

**Куликівський В.Л.**, к.т.н., доцент, [kylikovskiyv@ukr.net](mailto:kylikovskiyv@ukr.net)

**Якименко Р.М.** здобувач освіти

*Поліський національний університет, м. Житомир*

Завдання сортування сільськогосподарської продукції належить до числа фундаментальних проблем у сфері агроінженерії. Різні аграрні сектори, зокрема рослинництво, садівництво та овочівництво, під час впровадження автоматизованих систем і сільськогосподарського обладнання демонструють підвищення продуктивності на 40–60 % порівняно з ручними операціями за контрольованих умов.

Використання автоматизованих систем з керувальними обчислювальними модулями дає змогу ефективно реалізовувати завдання сортування зі швидкістю обробки 0,5–2 секунди на об'єкт і точністю позиціонування  $\pm 0,1$ – $0,5$  мм, досягаючи надійності операцій на рівні 99 % успішних циклів.

Збирання та класифікація плодів є завданням, яке необхідно реалізовувати за допомогою автоматичних систем. Така система повинна виконувати операції у суворо визначеній послідовності для забезпечення можливості збирання та сортування плодів. Ця послідовність включає ідентифікацію цільових об'єктів, розрахунок оптимального порядку

захоплення плодів, безпосереднє захоплення, підйом предмета та його точне позиціонування.

Ранні дослідження в галузі автономного сортування зосереджувалися на дискретних завданнях, пов'язаних з ідентифікацією об'єктів і розробленням машин для класифікації відповідно до фундаментальних якісних параметрів, таких як визначення стиглості плодів за кольором – у цьому контексті колірна ознака дозволяла виявляти показник якості.








Технічні комплекси базувалися на класичних принципах архітектури, що передбачали застосування інтегральних оптико-електронних сенсорів, які функціонували в одному або декількох спектральних діапазонах.

Автоматизовані системи поетапно вдосконалювалися шляхом численних ітерацій сортувальних механізмів, у межах яких враховувалися специфічні властивості об'єктів, що підлягали сортуванню. Зокрема, здійснювалася оцінка фізичної цілісності та візуальних характеристик, які дозволяли ідентифікувати наявність захворювань, а також різних категорій пошкоджень, включно з проколами та іншими дефектами. У початкових механізмах застосовувалися оптико-механічні сканувальні системи. Згодом було здійснено перехід до використання телевізійних обчислювальних пристроїв, тобто монохромних і спектрально-зональних сенсорів вакуумного та твердотілого типу (пристроїв із зарядовим зв'язком – ПЗЗ-матриць). Покращення характеристик відеосенсорів, зокрема поліхромних, в основі яких лежить технологія ПЗЗ-матриць, поряд із розвитком засобів і методів оброблення отриманих даних, спричинило значний прогрес у сфері впровадження систем розпізнавання у сортувальні механізми. У результаті зазначені системи стали менш специфічними завдяки процесу універсалізації. Таким чином, зросла кількість якісних показників, які можуть бути визначені одним пристроєм. Крім того, це зумовило підвищення показника надійності подібних систем, що зробило можливим і економічно доцільним їх застосування в умовах сучасного виробництва, зокрема у цехах обробки та переробки продукції.

Нині сформовано різноманітні підходи до сортування плодів. У промислових умовах застосовується техніка, здатна витримувати безперервний потік плодів, який не можна зменшувати через загрозу скорочення виробництва та фінансових втрат. Промислові машини здійснюють сортування продукції за такими ознаками: діаметр, довжина, маса, колір, внутрішній і зовнішній стан.

Машини, що здійснюють сортування за різними ознаками, можна класифікувати за типом методів роботи та конструктивним виконанням (табл. 1).

Таблиця 1 – Напівавтоматичні сортувальні машини

№	Назва	Установка
1.	Барабанні	
2.	Вібраційне	
3.	Валкові	
4.	З стрічковим конвеєром	
5.	Дискові	
6.	Струнні	
7	Роликові	

Кожен із представлених типів сортувальних машин має як свої переваги, так і недоліки. Усі вони певною мірою виконують необхідні функції, проте суттєві недоліки можуть впливати на підприємство як в економічному аспекті (висока вартість), так і у виробничому (темпи роботи).

До основних проблем механізмів барабанного типу належать такі специфічні дефекти, як застрягання об'єктів та пошкодження їх поверхні. Крім того, складно швидко скоригувати параметри сортування відповідно до змінних характеристик продукції, що призводить до умовної точності процесу. Це стосується того, що дрібні об'єкти через неминучі перевантаження сортувального апарата можуть потрапляти до інших секцій барабанного калібратора. Подібний тип сортувальних механізмів є малоуніверсальним і передбачає його використання лише для певних культур, таких як цибуля, каштани, картопля, горіхи тощо. Використання такого апарата доцільне, коли картоплезбиральний комбайн застосовується без модифікації для попереднього сортування. У такому разі завантажити до барабанного сортувального механізму й відсортувати огірки, буряк, моркву чи яблука практично неможливо, принаймні на необхідному рівні ефективності. Слід також урахувати загальну громіздкість механізмів цього типу. Усе це призводить до того, що подібні апарати не користуються попитом серед виробників сільськогосподарської техніки, а також рідко застосовуються у логістичних хабах і на підприємствах із переробки овочів.

Однією з основних проблем вібраційних сортувальних механізмів також є їх вузька спеціалізація, що зумовлює доцільність їх використання лише для сортування обмеженого асортименту плодів культур, таких як цибуля та картопля. Крім того, такі системи споживають значну кількість енергії під час роботи й належать до високої цінової категорії. Ще одним недоліком подібного типу сортувальних конструкцій є велика кількість механічних з'єднань і вузлів. Це призводить до необхідності залучення висококваліфікованого технічного персоналу для роботи з такими установками, а їх технічне обслуговування належить до категорії підвищеної складності. Аналогічно до сортувальних систем попереднього типу, вібраційні установки характеризуються частим проявом такого «побічного ефекту», як пошкодження сировини. Крім того, через конструктивні особливості виникає проблема налипання вологого ґрунту на важкодоступні ділянки, очищення яких є особливо складним. У вібраційних системах сита розташовані одне над одним, а величина проміжку між ними

є незначною. Унаслідок цього оперативний доступ до нижніх ярусів для проведення обслуговування установки не забезпечується.

Низька якість роботи є характерною рисою валкових сортувальників. Ця особливість найбільшою мірою проявляється в ситуаціях перевантаження сортувальної системи та переміщення сировини у два шари (яруси) або більше. Для таких систем також типовою є проблема налипання ґрунту в зонах, доступ до яких ускладнений. Окрім цього, подібні системи мають надзвичайно велику кількість з'єднань і вузлів, які потребують підвищеної уваги та інтенсивного технічного обслуговування, у тому числі під час ремонту. Також такі сортувальники потребують значної кількості запасних частин для здійснення заміни у випадку поломок.

Стрічкові сортувальники характеризуються великою кількістю приводів. Для порівняння: за аналогічних показників продуктивності барабанні або струнні установки потребують лише одного мотор-редуктора потужністю 1,5 кВт, тоді як у стрічковому апараті необхідний окремий мотор-редуктор для кожної робочої секції.

Це призводить до того, що, незважаючи на співставні технічні характеристики, витрати на споживання енергії у таких апаратів відрізняються щонайменше у п'ять разів. Ще однією особливістю цього типу сортувальників є висока чутливість до перевантажувальних навантажень, що спричиняє зниження ефективності та якості роботи при збільшенні кількості шарів продукції. Для експлуатації подібних систем необхідно забезпечити додаткове обладнання на вході, наприклад, приймальний бункер із механізмом подачі на наступний технологічний етап, з метою забезпечення рівномірної подачі сировини та запобігання перевантаженню. Крім того, стрічкові сортувальники не передбачають можливості швидкого коригування. Зміна калібрів здійснюється виключно шляхом заміни стрічок. Ця процедура стає необхідною у випадках, коли після оброблення однієї культури, наприклад цибулі, потрібно сортувати буряк, який має значно більші середні розміри. При цьому стрічкові сортувальники не забезпечують можливості роботи з огірками, морквою та іншою сировиною з вираженою витягнутою формою. Наявність ґрунту, особливо вологого, істотно ускладнює функціонування стрічкових сортувальників. Зазначене ускладнення виникає через налипання такого ґрунту на ведені та приводні вали, що значно ускладнює процес налаштування, оскільки спричиняє зміщення стрічок у бік одного з торців на веденому та ведучому барабанах.

Дисковий сортувальник має значну кількість недоліків, ключовим із яких є низька точність — до 70 %. Зокрема, при потраплянні плоду малого розміру між дисками, призначеними для більших діаметрів, виникає висока ймовірність його помилкового віднесення до фракції, призначеної для великих об'єктів.

Окрім цього, такі установки демонструють високу чутливість до рівня завантаження: подавання плодів яблуни потребує суворо дозованого режиму, бажано в один шар – здійснення сортування на дисковому пристрої іншим способом є неможливим. Це обумовлює необхідність оснащення подібної сортувальної системи живильним пристроєм (приймальним бункером), який має систему частотного або варіативного керування. Сукупність зазначених факторів призводить до того, що такі установки характеризуються низьким рівнем продуктивності. Виробники декларують продуктивність до 1,5 тонн на годину, проте емпіричні дані свідчать, що навіть за максимальної завантаженості подібні сортувальники не здатні забезпечити продуктивність понад 700–800 кг/год при задовільній якості сортування. Крім того, дискові установки непридатні для сортування огірків або моркви – з високим ступенем достовірності можна стверджувати, що у 90% випадків їх застосування обмежується сортуванням плодів яблуни.

Основним недоліком експлуатації струнних сортувальних установок є регулярні ускладнення, зумовлені падінням оброблюваної сировини. Оскільки діапазон висоти падіння продукції становить 300–700 міліметрів, цей тип обладнання є непридатним для сортування сировини, що має підвищену чутливість до ударних механічних впливів. Таким чином, виключається можливість оброблення делікатних плодів. Важливим аспектом функціонування подібних установок є необхідність урахування умов експлуатації: під час використання ланцюгів як робочого органа слід брати до уваги явище корозії, що виникає внаслідок їх чутливості до вологи. У зв'язку з цим експлуатація ланцюгових установок забороняється після проведення процедури миття. Отже, варто зазначити, що ремінні та тросові установки позбавлені зазначеного недоліку, однак, своєю чергою, ремені та троси характеризуються меншим строком служби порівняно з ланцюгами.

Установки з роликками характеризуються вищою вартістю порівняно з вищезазначеними типами обладнання. Продукція, що піддається сортуванню на роликкових установках, перебуває під ризиком падіння з висоти, починаючи від 300 міліметрів. Унаслідок цього роликкові установки непридатні для сортування плодів, чутливих до механічних пошкоджень.

Роликові установки належать до категорії технічно складного обладнання. Вони потребують наявності висококваліфікованого технічного персоналу для виконання обслуговування, оскільки роботи з технічного обслуговування та ремонту подібних установок відзначаються підвищеною складністю. Також слід урахувувати значні витрати під час проведення капітального ремонту, який необхідно здійснювати кожні 5–6 років активної експлуатації. Сортувальні машини, що аналізують довжину об'єкта й базуються на вібраційному принципі роботи, мають суттєвий недолік – вузьку спеціалізацію, а також швидке зношення конструкції, що пов'язано з характерними для цього обладнання втомними навантаженнями та вібраційними впливами. Це, своєю чергою, зумовлює високу вартість як самої установки, так і її технічного обслуговування.

Компанія Hortisort (Індія) пропонує промислові рішення для сортування фруктів за зовнішніми параметрами та масою. На офіційному сайті зазначено, що машини здійснюють сортування до десяти фруктів за хвилину на кожному каналі. Класифікація виконується за кольором, діаметром (у діапазоні 40–120 міліметрів) і масою (до 350 грамів на один плід) із використанням модульних чашок, що відповідають харчовим стандартам. На візуалізації користувацького інтерфейсу показано, що системи підтримують спрощене налаштування градувальних параметрів, багатомовний інтерфейс (зокрема англійську, гінді та інші мови), а також забезпечують формування детальних звітів за кожним фруктом, партією або сезоном. На рис.1 зображено автоматичну установку HORTISORT HS Rotary.



Рисунок 1 – Автоматична роторна сортувальна лінія Hortisort HS Rotary

Автоматизована сортувальна установка Hortisort HS Rotary являє собою систему високого рівня автоматизації, призначену для сортування фруктів, зокрема плодів яблуні.

Виробник зазначає пропускну здатність до десяти плодів за хвилину на одну лінію, при здійсненні класифікації за кольором, діаметром у діапазоні 40–120 мм та масою до 350 г. Для візуального аналізу установка Hortisort HS Rotary використовує RGB-камеру високої роздільної здатності з подальшою обробкою даних за допомогою згорткової нейронної мережі, яка виконує ідентифікацію та класифікацію плодів на основі аналізу їх візуальних характеристик. Модульна конструкція включає спеціалізовані чашки, що відповідають харчовим стандартам, забезпечують дбайливе поводження з плодами, а також програмний інтерфейс із функціоналом налаштування параметрів сортування та генерації детальної аналітики щодо оброблених партій фруктів. У комерційній конфігурації, яку пропонують дилери (зокрема Zentron Labs), заявлена продуктивність становить приблизно 2–3 т/год на одну лінію, за споживаної потужності обладнання 40 кВт і напруги живлення 440 В. Ця установка оптимізована для експлуатації в умовах індійського агропромислового комплексу та демонструє значний потенціал для масштабування у сфері сільськогосподарської автоматизації.



УДК 636.2.084:636.085.55

## **АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ВИМОГ ДО СТРУКТУРИ РАЦІОНУ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОНЕНТІВ КОРМУ ДЛЯ ВРХ**

**Купчук І.М.**, к.т.н., доцент, [kupchuk.igor@i.ua](mailto:kupchuk.igor@i.ua)  
*Вінницький національний аграрний університет*

**Вступ.** Раціональна годівля великої рогатої худоби (ВРХ) потребує комплексного підходу, що враховує хімічний склад кормів та фізико-механічні властивості, отримальне поєднання яких забезпечує стабільність функціонування рубця, підтримує мікробіологічний баланс і сприяє високій

продуктивності молочних та м'ясних порід. Вагомого наукового значення набувають структурні параметри кормосумішей, зокрема геометричні характеристики частинок (розмір і форма), а також фізико-механічні властивості, такі як насипна густина та кут природного нахилу, що визначають однорідність змішування та впливають на процеси конверсії корму.

**Метою дослідження** є формування передумов для підвищення ефективності конверсії кормів в продукцію тваринництва шляхом наукового обґрунтування оптимальної структури раціону великої рогатої худоби з урахуванням фізико-механічних властивостей окремих кормових компонентів. Завданням роботи є визначення взаємозв'язку між гранулометричним складом кормів, рівнем фізично ефективного нейтрально-детергентного волокна (reNDF), а також характеристиками текучості та насипної густини різних інгредієнтів.

**Результати дослідження.** Згідно рекомендацій NASEM [1], мінімальний рівень нейтрально-детергентної клітковини (NDF) у сухій речовині раціону для високопродуктивних дійних корів має становити не менше ніж 28 %, тоді як частка NDF із об'ємних кормів – не нижче 19–21 %. Це забезпечує формування адекватного структурного ефекту корму, стимулює жуйку та слиновиділення, запобігаючи розвитку субклінічного ацидозу рубця. Одночасно, надмірне зменшення розміру частинок може підвищувати швидкість ферментації крохмалю та цукрів, що також збільшує ризик метаболічних порушень. Враховуючи це, оптимізація структури раціону має ґрунтуватися не лише на хімічному складі, а й на фізичних параметрах кормів, при цьому, розподіл частинок у повнораціонних сумішах (TMR) є критичним фактором ефективності годівлі. Використання системи Penn State Particle Separator (PSPS) дозволяє кількісно оцінити структуру корму. Практика показує, що для дійних корів оптимальним є співвідношення: близько 5 % частинок довших за 19 мм, 40 % у діапазоні 8-19 мм, ще 40 % у межах 1,18–8 мм, тоді як частка дрібних фракцій менших за 1,18 мм не повинна перевищувати 20 % [2]. Такий гранулометричний склад сприяє підтриманню достатнього рівня фізично ефективного NDF (reNDF), який безпосередньо впливає на жувальну активність і стабільність мікробіологічних процесів у рубці.

Концепція фізично ефективного волокна (reNDF), запропонована Мертенсом [3], є ключовою у визначенні якості структури корму. reNDF характеризує ту частину NDF, яка не лише присутня у складі раціону, а й

має достатні фізичні розміри та твердість для стимуляції жуйки та вироблення слини. У науковому огляді [4] показано, що рівень  $reNDF$  у раціоні тісно пов'язаний із кількістю жувальних рухів і, відповідно, із вмістом жиру в молоці. Таким чином, контроль гранулометрії кормів є необхідною умовою не лише для профілактики ацидозу, а й для забезпечення стабільного виробництва молока високої якості.

Фізико-механічні характеристики кормів визначають їхню поведінку під час змішування, транспортування та споживання. До основних показників належать розмір і форма частинок, насипна густина, кут природного нахилу, вологість і властивості текучості. Відомо, що зі зменшенням розміру частинок і підвищенням вологості зростають когезія та кут природного нахилу, що погіршує текучість кормових матеріалів. Наприклад, подрібнена кукурудза має кут близько  $31^\circ$ , тоді як соевий шрот – до  $33^\circ$  [5], що пояснює гірші властивості його переміщення у транспортних системах (табл. 1). Ячмінь характеризується насипною густиною  $600\text{--}650\text{ кг/м}^3$  та кращою текучістю за рахунок кута природного нахилу  $28\text{--}30^\circ$ . Для об'ємних кормів, зокрема кукурудзяного силосу та сінажу люцерни, визначальним є діапазон довжин частинок  $8\text{--}30\text{ мм}$ , що забезпечує формування структурного ефекту. Водночас такі корми відрізняються нижчою насипною густиною та більшим кутом ( $35\text{--}45^\circ$ ), що пояснює їхню схильність до сегрегації у змішувачах [5, 6, 7].

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості основних кормових компонентів для ВРХ

Компонент	Геометричний середній розмір, мм	Насипна густина, $\text{кг/м}^3$	Кут природного нахилу, $^\circ$	Джерело
Силос кукурудзяний	8-19	400-450	35-40	[1]
Сінаж люцерни	10-30	120-150	40-45	[2, 4]
Подрібнена кукурудза	0,8-1,2	720-750	~31	[7]
Ячмінь, подрібнений	0,6-1,0	600--650	28-30	[1, 6]
Соевий шрот	0,79-0,83	545-610	30-33	[5]

**Висновки.** Структура раціону для ВРХ визначається не лише кількісним співвідношенням поживних речовин, а й фізичними

характеристиками кормових інгредієнтів. Адекватний рівень NDF та reNDF у поєднанні з оптимальним гранулометричним складом забезпечує стабільність мікробіологічних процесів у рубці, сприяє підтриманню жуйки та підвищує ефективність використання поживних речовин. Фізико-механічні властивості індивідуальних компонентів впливають на технологічність процесів змішування та роздавання кормів, визначають однорідність TMR і запобігають селекції кормів тваринами. Таким чином, інтеграція хімічних і фізико-механічних показників у системах формування раціонів дозволяє досягти високої ефективності годівлі та покращити здоров'я й продуктивність поголів'я.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 8th rev. ed. Washington, DC: The National Academies Press, 2021. 489 p.
2. Kononoff, P. J., Heinrichs, A. J., Buckmaster, D. R. Modification of the Penn State Particle Separator and the effects of moisture content on its measurements. *Journal of Dairy Science*. 2003. Vol. 86, no. 5. P. 1858–1863. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73773-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73773-4)
3. Mertens, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 1997. Vol. 80. P. 1463–1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)
4. Zebeli, Q., Aschenbach, J. R., Tafaj, M., et al. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2012. Vol. 95, № 3. P. 1041–1056. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4421>
5. Wang, Y., Chung, D. S., Spillman, C. K. Physical properties of soybean meal. *Cereal Chemistry*. 1995. Vol. 72, No. 6. P. 523-526.
6. ASABE Standards. Method of determining and expressing particle size of chopped forage materials by screening. ANSI/ASAE S319.4. St. Joseph, MI : American Society of Agricultural Engineers, 2008.
7. Molenda, M., Montross, M. D., Horabik, J., et al. Mechanical properties of corn and soybean meal. *Transactions of the ASAE*. 2002. Vol. 45, № 6. P. 1929-1936. <https://doi.org/10.13031/2013.11408>



УДК 621.56:004.942

## ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОНВЕКТИВНОЇ СУШАРКИ ІЗ ВЕРТИКАЛЬНИМ ГВИНТОВИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ

**Лавренюк П.П.**, здобувач ступеня доктора філософії з галузевого  
машинобудування, lavreniuk.petro.1239@gmail.com  
*Вінницький національний аграрний університет*

**Вступ.** Міжнародна індустрія волоських горіхів демонструє стале зростання: за останнє десятиліття виробництво збільшилося майже на 40 %, а обсяги реалізації – на 116 % [1]. Попит на волоські горіхи зріс удвічі за п'ять років завдяки високій харчовій цінності та ролі як альтернативного джерела фізіологічно активних сполук. Узагальнена післязбиральна технологія обробки плодів включає очищення від оплодня, миття, сушіння й сортування. Миття підвищує вологість внутрішнього оплодня, що збільшує ризики мікробного псування. Типові значення вологості у свіжозібраних плодах: оплодень 85,3–87,9 %, шкаралупа 25–35 %, ядро 15–25 %. Для безпечного зберігання горіхи необхідно висушити до 6–10 % вологи в шкаралупі [2].

Волоські горіхи схильні до окислювального псування під час зберігання, транспортування й реалізації; хімічні відмінності між сортами та регіонами обумовлюють різний потенціал збережуваності. Відсутність простежуваності партій і методів експрес-оцінювання призводить до некоректних термінів придатності: у торгівлі понад 30 % партій мають ознаки гіркоти. З огляду на вплив світла, температури та кисню на олію горіха, післязбиральне сушіння має бути швидким, контрольованим і щадним ( $T \leq 60$  °C) [2].

Метою роботи є визначення технологічних умов і обґрунтування конструктивно-режимних параметрів конвективної сушарки волоських горіхів із вертикальним гвинтовим робочим органом, що забезпечує інтенсивне й рівномірне відведення вологи при мінімальному травмуванні плодів та питомих енерговитратах.

**Методи дослідження.** Розроблено конструктивно-технологічну схему сушарки [3]: циліндрична сушильна камера з сітчастим конічним дном ( $\varnothing$  отворів 15 мм), під яким розташована повітряна камера; подача

теплого повітря знизу; вивантажувальний патрубок із заслінкою; у центрі – вертикальний гвинтовий робочий орган на підшипникових опорах, з'єднаний зверху з мотор-редуктором; у повітряній камері встановлено конусоподібний розподільник повітря.

Чисельне моделювання виконано у Simcenter STAR-CCM+ з використанням DEM для частинок горіхів та Ейлеревих моделей для повітряного потоку [3].

Газова фаза: повітря,  $\mu = 1,85508 \cdot 10^{-5}$  Па·с; гравітація  $9,8$  м/с<sup>2</sup>;  $p = 101325$  Па;  $T_{\text{вх}} = 60$  °С;  $T_{\text{навк}} = 20$  °С. Швидкість потоку теплого повітря –  $8,84$  м/с. Сітка багатогранних комірок з опорним розміром  $0,001$  м.

Граничні умови: горіхи не проходять через сітку; контакти частинка–стінка описано моделлю Герца–Міндліна. Завантаження горіхів – інжектування Лагранжевої фази. Гвинтовий робочий орган обертається з частотою  $n = 60$  об/хв.

План експерименту: повний факторний  $3^3$  (27 дослідів). Фактори та рівні: кут нахилу сітки  $\alpha = 30/45/60^\circ$ , частота обертання гвинтового робочого органу  $n = 60/120/180$  об/хв, висота заповнення  $H = 0/500/1000$  мм. Загальний час моделювання  $600$  с; неявний крок  $\Delta t = 0,01$  с; 10 внутрішніх ітерацій на крок.

Критерії: (i) час досягнення найвищої якості змішування  $T(\alpha, n, H)$ , де якість оцінювали коефіцієнтом варіації  $\delta$  шарів мічених частинок; (ii) продуктивність процесу змішування  $Q(\alpha, n, H) = \rho \cdot V(\alpha, H) / T(\alpha, n, H)$ , де  $\rho = 260$  кг/м<sup>3</sup> – насипна щільність [2, 3],  $V(\alpha, H)$  – об'єм заповнення. Статистичну обробку (NonlinearModelFit) виконано у Wolfram Cloud із відбором значущих коефіцієнтів за t-критерієм Стьюдента; адекватність – за F-критерієм Фішера та коефіцієнтом кореляції.

**Результати та обговорення.** Візуалізація DEM-поля засвідчила інтенсивний перерозподіл шарів під дією гвинтового робочого органу. Якість змішування зростає з часом і стабілізується після  $\sim 432$  с; максимальний коефіцієнт варіації  $\delta = 0,92 \pm 0,02$ . Відповідно один повний цикл якісного перемішування становить  $\approx 392$  с.

Поля повітря: максимальна швидкість у повітряній камері на вході  $8,84$  м/с; після розподілу крізь сітку в зернистому шарі формується турбулентний режим зі зниженням до  $\sim 0,88$  м/с. Температурне поле в шарі має спадний градієнт від  $58 \pm 2$  °С (низ) до  $43 \pm 2$  °С (верх); завдяки швидкому міксуванню ця неоднорідність не є критичною для якості сушіння при  $T \leq 60$  °С.

Залежність об'єму заповненої області сушильної камери горіхами:

$$V(\alpha, H) = \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 \left( H + \frac{1}{3} \frac{D}{2} \operatorname{ctg} \alpha \right) - \frac{1}{3} \pi \left( \frac{d}{2} \right)^3 \operatorname{ctg} \alpha = 2,5434H + 0,760148 \operatorname{ctg} \alpha \quad (1)$$

Продуктивність процесу змішування:

$$Q(\alpha, n, H) = -1,56705 + 0,0563161 \alpha - 0,000280336 \alpha^2 + 0,00094621 H - 5,07823 \cdot 10^{-7} H^2 + 0,0280252 n - 0,000178066 \alpha n - 1,01277 \cdot 10^{-6} H n - 0,0000597783 n^2 \quad (2)$$

Для (2):  $r = 0,88$ ;  $F = 2,41 < F_T = 2,49$  – адекватність підтверджено.

Графічна інтерпретація залежності (2) представлена на рис. 1.

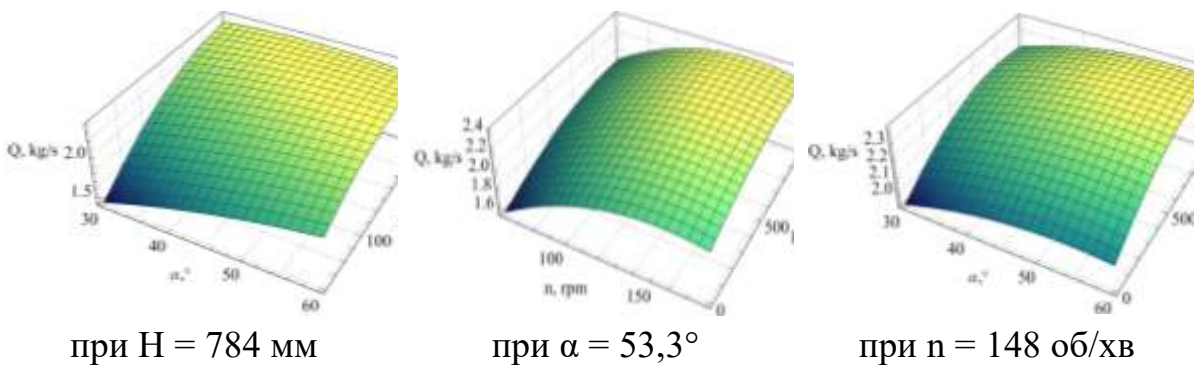


Рисунок 1 – Залежність зміни продуктивності процесу змішування шарів горіхів в області сушильної камери  $Q(\alpha, n, H)$  від кута нахилу сітки відносно горизонтальної осі  $\alpha$ , частоти обертання гвинтового робочого органу  $n$ , висоти заповнення сушильної камери волоськими горіхами  $H$

Оптимізація критерію  $Q$  дала раціональні параметри:  $\alpha = 53,3^\circ$ ,  $n = 148$  об/хв,  $H = 784$  мм;  $Q_{\max} \approx 2,38$  кг/м<sup>3</sup>. На фізичному рівні зростання  $n$  і помірне збільшення  $H$  інтенсифікують перемішування, однак надмірні значення призводять до перевантаження шару та деградації  $Q$  через зростання часу  $T$ .

### Висновки

1) Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему конвективної сушарки волоських горіхів із вертикальним гвинтовим робочим органом і нижнім нагнітанням повітря.

2) DEM/CFD-моделювання в STAR-CCM+ показало швидке та рівномірне перемішування шару;  $\delta$  досягає  $0,92 \pm 0,02$  і стабілізується після  $\approx 432$  с.

3) У шарі формуються корисні для сушіння потоки: турбулентний режим ( $\approx 0,88$  м/с) і керований температурний градієнт  $58 \rightarrow 43$  °С.

4) Отримано регресійні моделі  $T(\alpha, n, H)$  і  $Q(\alpha, n, H)$ ; за критерієм  $Q$  визначено раціональні параметри:  $\alpha = 53,3^\circ$ ,  $n = 148$  об/хв,  $H = 784$  мм.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Wongso I. Drying and quality characteristics of almonds and walnuts with different drying conditions : thesis Master of Science in Biological Systems Engineering. *University of California, Davis*, 2021. 112 p.

2. Kaletnik H., Yaropud V., Kupchuk I., Aliiev E., Babyn I., Lavreniuk P. Modeling of the technological process of walnut drying in a convective dryer. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2023. Vol. 99, № 12. P. 91–97. DOI: <https://doi.org/10.15199/48.2023.12.17>.

3. Калетнік Г.М., Яропуд В.М., Шаргородський С.А., Лавренюк П.П. Патент на корисну модель. Конвективна сушарка волоських горіхів. № 153978. Україна, МПК F26B 11/12 (2006.01); №u202300675; заяв. 20.02.2023; опубл. 27.09.2023, Бюл. № 39.



УДК 004.89

## ПЕРСПЕКТИВИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ДВИГУНА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БАГАТОКОМПОНЕНТНОЇ ПАЛИВНОЇ СУМІШІ В АВТОТРАКТОРНОМУ ДИЗЕЛЬНОМУ ДВИГУНІ

Лисенко Р.Д., аспірант, [romandmytrovich@gmail.com](mailto:romandmytrovich@gmail.com)

*Вінницький національний аграрний університет*

**Вступ.** Прогрес у розробці дизельних двигунів для сільськогосподарської техніки тісно пов'язаний з оптимізацією їх роботи для одночасного підвищення ефективності та покращення екологічних показників. Сучасні світові тенденції вказують на перспективність використання альтернативних паливних сумішей, зокрема біодизелю та біоетанолу, як у двокомпонентних, так і в трикомпонентних варіантах. Ці суміші допомагають знизити залежність від традиційних нафтопродуктів і

скоротити викиди шкідливих речовин, таких як CO, NO<sub>x</sub> та сажа. Однак, застосування багатокомпонентних паливних систем значно ускладнює контроль за експлуатаційними показниками, вимагаючи постійної корекції в процесі роботи двигуна.

**Стан досліджень.** Аналіз сучасних наукових публікацій свідчить, що математичне моделювання та експериментальні випробування дво- та трикомпонентних паливних систем стикаються зі значними труднощами. Ці проблеми пов'язані зі складністю корекції динамічних показників подачі різних компонентів палива в реальному часі для досягнення оптимальних експлуатаційних характеристик. Одним із найефективніших шляхів вирішення цієї проблеми є застосування штучного інтелекту (ШІ) та, зокрема, нейронних мереж [1-2].

Нейронні мережі, завдяки їхній здатності обробляти великі обсяги даних і виявляти складні взаємозв'язки, можуть прогнозувати оптимальні співвідношення паливних компонентів. Вони аналізують дані про температуру двигуна, навантаження, швидкість та інші параметри, а потім коригують подачу палива для забезпечення максимальної ефективності та мінімальних викидів [3]. Незважаючи на значний потенціал, існуючі публікації лише окреслюють перспективні моделі, і залишаються невирішені питання щодо їх практичної імплементації в дизельних автотракторних двигунах.

**Проблематика та методика досліджень.** Ключовими проблемами, які потребують вирішення для впровадження ШІ у багатопаливні двигуни, є:

- Формулювання пошукової задачі[4]: чітке визначення критеріїв оптимізації (наприклад, економія палива, зниження викидів, підвищення потужності).
- Вибір оптимального варіанту ШІ: підбір найбільш підходящого алгоритму [5] (наприклад, глибоке навчання, генетичні алгоритми) для експериментального та промислового використання.

Нами наразі проводиться математичне моделювання з використанням специфічних ПРОМТІВ та ШІ, що має на меті створення експериментальних моделей дизельного двигуна з системою живлення на основі дво- та трьо- компонентних паливних сумішей. Це дозволить не тільки розв'язати наявні проблеми, а й створити інтелектуальні системи керування двигуном, що автоматично адаптуються до різних умов експлуатації. Це є стратегічно важливим кроком для розвитку сільськогосподарської механізації та забезпечення енергетичної та

екологічної безпеки в майбутньому.

**Висновок.** Підводячи підсумок можемо зазначити, що використання штучного інтелекту з метою оптимізації роботи дизельного автотракторного двигуну із використанням двох та трьох паливної суміші: біоетанолу, дизельного та біодизельного палива є перспективним. Використання ШІ не обмежуються лише оптимізацією згоряння. У майбутньому, ШІ може бути використаний для прогнозного обслуговування, аналізуючи стан двигуна та попереджаючи про можливі несправності до їх виникнення. Це суттєво зменшить час простою та витрати на ремонт. Отже, інтеграція штучного інтелекту в системи керування багатопаливними двигунами є важливим кроком на шляху до створення розумної та сталої сільськогосподарської техніки майбутнього.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Shrivastava, K., Thipse, S. S., & Patil, I. D. (2021). Optimization of diesel engine performance and emission parameters of Karanja biodiesel-ethanol-diesel blends at optimized operating conditions. *Fuel*, 293, 120451.
2. Pham, V. V., & Nguyen, D. C. (2020, October). A brief review of formation mechanisms, properties and affecting factors of combustion chamber deposits in diesel engines using biodiesel. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2292, No. 1, p. 040011). AIP Publishing LLC.
3. Deshmukh, M., Pendse, D. S., & Pande, A. (2022). Effects of blending bioethanol with gasoline on spark-ignition engine-A review. *Journal of Integrated Science and Technology*, 10(2), 87-99.
4. Matijošius, J., Rimkus, A., & Gruodis, A. (2024). Validation of ecology and energy parameters of diesel exhausts using different fuel mixtures, consisting of hydrogenated vegetable oil and diesel fuels, presented at real market: approaches using artificial neural network for large-scale predictions. *Machines*, 12(6), 353.
5. Dave, H., Vakharia, V., Panchal, H., & Dobrotă, D. (2025). ANN and Multilayer-ELM Based Prediction of Combustion, Performance and Emission Characteristics of a Diesel Engine Fuelled with Diesel-DTBP Blends. *Case Studies in Thermal Engineering*, 106323.



УДК 614.8:631.3

## УМОВИ ПРАЦІ ПРАЦІВНИКІВ КОРМОПРИГОТУВАЛЬНИХ ЦЕХІВ

**Марчишина Є.,** к.с.г.н., доц., [marchyshyna@nubip.edu.ua](mailto:marchyshyna@nubip.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Організація безпечних та комфортних умов праці в агропромисловому комплексі є невід'ємною складовою забезпечення сталого розвитку сільського господарства. Особливої уваги потребують умови праці працівників кормоприготувальних цехів, адже цей виробничий підрозділ характеризується підвищеним рівнем фізичних, хімічних і психофізіологічних навантажень, що безпосередньо впливають на стан здоров'я персоналу та ефективність виробничих процесів.

Кормоприготувальні цехи - це технологічно складні об'єкти, де здійснюється обробка, змішування, подрібнення та транспортування різних компонентів кормів для тваринництва. Основними шкідливими виробничими чинниками, які впливають на працівників, є: підвищений рівень запиленості повітря робочої зони, шум від роботи технічного обладнання, вібрація, мікрокліматичні умови (температурні коливання, вологість), а також контакт з біологічно активними речовинами, що можуть викликати алергічні реакції або захворювання органів дихання.

Найбільш поширеними професійними захворюваннями серед працівників кормоцехів є хронічні бронхіти, алергії, порушення слуху, захворювання опорно-рухового апарату внаслідок важких фізичних навантажень. Додатковими ризиками є травмонебезпечність при експлуатації механізованого обладнання - змішувачів, дробарок, транспортерів - у разі недотримання правил безпеки.

Рівень загального шуму у приміщеннях цеху часто перевищує нормативні значення (80 дБА і більше), що зумовлює необхідність застосування індивідуальних засобів захисту органів слуху. Надмірна запиленість (понад 10 мг/м<sup>3</sup>), особливо при подрібненні сухих компонентів, вимагає ефективної роботи систем вентиляції та аспірації, а також використання респіраторів.

Не менш важливим є дотримання ергономічних вимог при проектуванні робочих місць - правильне розташування пультів керування,

оптимальна висота робочих поверхонь, наявність сидячих та стоячих режимів роботи, що дозволяє знизити навантаження на опорно-руховий апарат та запобігти розвитку професійних захворювань. Особливу увагу слід приділяти освітленню - недостатній рівень світла знижує концентрацію уваги та підвищує ризик нещасних випадків.

Окрему роль відіграє організація режиму праці та відпочинку. Працівники кормоцехів повинні мати можливість для періодичного відпочинку в спеціально облаштованих побутових приміщеннях, обладнаних засобами гігієни та вентиляції. Раціональне планування змінного графіка, запровадження чергувань у виконанні фізично важких операцій дозволяють зменшити втому та покращити загальне самопочуття персоналу.

Важливою умовою збереження здоров'я є проведення періодичних медичних оглядів, виробничих інструктажів, а також постійне навчання персоналу з питань охорони праці, надання першої допомоги та поведінки в аварійних ситуаціях. Керівництво підприємств повинно забезпечити працівників відповідним спецодягом, засобами індивідуального захисту та контролювати їхнє використання.

Таким чином, підвищення рівня безпеки та покращення умов праці у кормоприготувальних цехах є комплексним завданням, що вимагає системного підходу: від модернізації обладнання та впровадження інноваційних технологій до підвищення культури виробництва та відповідальності за життя і здоров'я працівників. Забезпечення належних умов праці сприяє не лише охороні здоров'я персоналу, а й підвищенню ефективності виробництва, якості готової продукції та загальній стійкості аграрного сектору.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Хмельовський В.С., Марчишина Є.І., Білько Т.О., Мотрич М.М., Скібчик В.І. Охорона праці. К. Центр учбової літератури. 2021. 594 с.
2. Войналович О.В., Марчишина Є.І. Охорона праці у сільському господарстві. К.: ЦУЛ. 2017. 691 с .



УДК 614.8:631.3

## **БЕЗПЕКА ПРАЦІВНИКІВ У КОРМОВИРОБНИЦТВІ: ПРОБЛЕМИ ТА НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ**

**Марчишина Є.**, к.с.г.н., доц., [marchyshyna@nubip.edu.ua](mailto:marchyshyna@nubip.edu.ua),

**Вибойчик Н.**, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Кормовиробництво як один із ключових сегментів агропромислового комплексу відіграє важливу роль у забезпеченні продуктивності тваринництва та стабільності продовольчої безпеки. Водночас ця галузь є джерелом підвищених виробничих ризиків, які загрожують здоров'ю та життю працівників. Актуальність дослідження безпеки праці у кормовиробництві зумовлена як високим рівнем травматизму, так і впливом шкідливих факторів, характерних для всіх етапів виробничого процесу – від підготовки сировини до фасування готової продукції.

До основних небезпек, з якими стикаються працівники, належать механічні травми під час роботи з устаткуванням (подрібнювачами, грануляторами, транспортерними стрічками тощо), респіраторні захворювання через пил від кормових сумішей, отруєння при контакті з хімічними добавками, термічні опіки при обслуговуванні сушильних апаратів, а також тривалий вплив шуму і вібрації. Нерідко додатковими факторами ризику стають недотримання правил експлуатації обладнання, зношеність техніки, недостатній рівень професійної підготовки персоналу та нехтування засобами індивідуального захисту.

Стан безпеки у кормовиробництві значною мірою залежить від рівня організації охорони праці на підприємстві. Ефективна система управління охороною праці повинна включати регулярну оцінку ризиків, навчання персоналу, оновлення інструкцій з техніки безпеки, забезпечення засобами захисту, а також контроль за станом виробничого обладнання. У практиці часто спостерігається формальний підхід до цих заходів, що призводить до нещасних випадків і професійних захворювань.

Важливою складовою профілактики є впровадження сучасних технологій, автоматизація виробничих процесів та застосування безконтактних методів контролю якості. Це дозволяє знизити рівень прямої участі працівників у небезпечних операціях. Також позитивні результати

дає модернізація вентиляційних систем, герметизація пилогенерувального обладнання та застосування фільтруючих пристроїв. Суттєвий ефект має і створення культури безпеки на виробництві, яка формується через залучення персоналу до систематичного навчання, участь у внутрішньому моніторингу умов праці та обговоренні шляхів покращення.

Необхідно також звернути увагу на психофізіологічні фактори, що впливають на працездатність персоналу. Високе навантаження, монотонність операцій, зміни температурного режиму та недостатня ергономіка робочих місць можуть призводити до зниження концентрації уваги та виникнення помилок, які загрожують безпеці. Зменшити негативний вплив цих факторів допомагає оптимізація графіків роботи, організація зон відпочинку та періодичний медичний огляд.

Законодавча база України в сфері охорони праці визначає достатньо чіткі вимоги до роботодавців у частині забезпечення безпечних умов праці. Проте на практиці часто виникають труднощі із впровадженням нових стандартів через економічні обмеження, особливо на малих та середніх підприємствах. У цьому контексті доцільно розглядати можливості державного стимулювання інвестицій у безпеку праці, включаючи податкові пільги, гранти на модернізацію обладнання та програми технічної підтримки.

Отже, забезпечення безпеки працівників у кормовиробництві потребує системного підходу, який включає як технічні, так і організаційні рішення. Підвищення рівня безпеки не тільки зменшує соціальні та економічні втрати, пов'язані з травматизмом, але й сприяє підвищенню ефективності виробництва та якості продукції. Подальші дослідження у цьому напрямі мають бути спрямовані на розробку адаптивних моделей оцінки ризиків, інтеграцію цифрових технологій у процеси контролю безпеки та формування сталих практик охорони праці в агропромисловому секторі.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Хмельовський В.С., Марчишина Є.І., Білько Т.О., Мотрич М.М., Скібчик В.І. Охорона праці. К. Центр учбової літератури. 2021. 594 с.
2. Войналович О.В., Марчишина Є.І. Охорона праці у сільському господарстві. К.: ЦУЛ. 2017. 691 с .



УДК 631.1:658.7:004.896(477)

## **МОДЕЛІ КРУГОВОГО УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ В АГРАРНИХ КЛАСТЕРАХ: СИНЕРГІЯ ТВАРИННИЦТВА, КОРМОВИРОБНИЦТВА ТА РОБОТИЗОВАНОЇ ЛОГІСТИКИ**

**Мельник В.**, к.екон.н., доцент, **Лісецький В.**, к.т.н., доцент,  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

У сучасних умовах глобальних викликів, таких як зміна клімату, дефіцит ресурсів та зростання населення, аграрний сектор потребує переходу до стійких моделей розвитку [1]. Кругова економіка пропонує замкнені цикли, де відходи однієї ланки стають ресурсом для іншої, мінімізуючи втрати та екологічне навантаження [2]. В аграрних кластерах – територіально зосереджених мережах підприємств – ця модель набуває значущості через взаємозв'язок тваринництва (виробництво м'яса, молока), кормовиробництва (зернові, силос) та роботизованої логістики (автоматизоване транспортування, IoT-склади) [3].

Синергія цих компонентів підвищує ефективність на 20–30 %, знижує витрати ресурсів на 15–25 % та скорочує викиди CO<sub>2</sub> на 10–20 %, як показують дослідження в ЄС та США [4, 5]. Нашою метою є виявлення та аналізування моделей управління та їх застосування в аграрних кластерах України, фокусуючись на синергетичних ефектах.

Циркулярна економіка базується на принципах 3R (зменшувати, повторно використовувати, переробляти від англ. reduce, reuse, recycle), розширених до 6R (відмовлятися, переосмислювати, зменшувати, повторно використовувати, переробляти, відновлювати від англ. refuse, rethink, reduce, reuse, recycle, recover) [7]. В аграрних кластерах це проявляється в замкнених циклах: гній з тваринництва використовується як добриво для кормовиробництва, а відходи кормів – для біоенергетики [8].

У сучасних умовах можна виділити такі моделі:

- лінійна (традиційна), логічна схема якої виглядає так: ресурси → виробництво → відходи, з втратами до 40% (наприклад, неефективне використання кормів) [9];

- кругова (циркулярна) з інтеграцією ланок для рециркуляції (тваринництво генерує добрива, кормовиробництво – сировину, логістика – оптимізацію потоків) [10];

- гібридна модель з роботизованою логістикою, яка передбачає використання ШІ та роботів (дрони для моніторингу полів, автономні трактори тощо) для точного управління, зменшуючи втрати на 25 % [11].

У кластерах (наприклад, молочні в Нідерландах) кругова модель підвищує стійкість, перетворюючи відходи на ресурс (гній → біогаз → енергія для логістики) [12].

Синергія є ефектом за умови взаємодії компонентів, що дає більший результат, ніж сума окремих [13]. В аграрних кластерах тваринництво можна розглядати як генератор ресурсів, який виробляє гній (10–15 т/голова/рік), що використовується у якості натуральних добрив, зменшуючи потребу в хімічних на 30 %. Роботизована логістика (автоматизоване розподілення гною) знижує втрати на 20 % [8, 14].

Кормовиробництво у кластерах є основою циклу. Вирощування кормів на удобрених ґрунтах підвищує врожайність на 15–25 %. Відходи (солома) йдуть на підстилку, надлишки – на біопаливо для логістичних роботів [11].

За кластеризації у тваринництві роботизовану логістику можна розглядати як інтегратор. Наприклад, AGV та IoT (датчики в силосах) оптимізують потоки: від кормів до ферм (зниження витрат на 25 %) і відходів назад. Модель розподіляє функціонал: IoT фіксує рівень кормів, ШІ прогнозує потреби, роботи доставляють [5, 15].

Зазначений взаємозв'язок і взаємозалежність можна описати математичною моделлю:

$$E = T + K + L + S(T, K, L),$$

де  $E$  – ефективність;

$T$  – тваринництво;

$K$  – кормовиробництво;

$L$  – логістика;

$S$  – синергія ( $S = 0,2 \times (T \times K \times L)$ ).

В Україні (наприклад, Вінницький молочний кластер) кругові моделі включають:

- базову модель з переробкою гною в біогаз для логістики (економія 15 % палива) [6];
- розширену модель з роботами (використання дронів для моніторингу кормів, AGV для доставки), яка забезпечує зниження витрат на 25 % [13];
- кластерний підхід, що виражається у спільності логістичних центрів:

тваринництво постачає відходи, кормовиробництво – сировину, логістика – автоматизацію (ROI > 150 %) [10].

Моделі кругового управління забезпечують синергію, зменшуючи екологічне навантаження на 20 % і підвищуючи прибутковість на 15–30 % [4]. В Україні впровадження (IoT та III) може вирішити дефіцит ресурсів, але потребує інвестицій у навчання (ROI<sub>n</sub> > 200 %) та кластерну кооперацію [12]. Вирішенням може стати субсидювання роботизованої логістики, інтеграція моделей у інженерну освіту, пілотні проєкти для оцінки синергії (економія 25 % ресурсів) [1, 14].

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Rodino S., Pop R., Sterie C., Giuca A., Dumitru E. Developing an Evaluation Framework for Circular Agriculture: A Pathway to Sustainable Farming. *Agriculture*, 2023, 13(11): 2047.
2. Cahyadi E. R., Hidayati N., Zahra N., Arif C. Integrating Circular Economy Principles into Agri-Food Supply Chain Management: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 2024, 16(16): 7165.
3. Chiaraluce G., Bentivoglio D., Finco A. Circular Economy for a Sustainable Agri-Food Supply Chain: A Review for Current Trends and Future Pathways. *Sustainability*, 2021, 13(16): 9294.
4. Papadopoulou C. I., Chatzitheodoridis F., Loizou E., et al. Operational taxonomy of farmers' towards circular bioeconomy in regional level. *Operational Research*, 2024.
5. Logistics 4.0 toward circular economy in the agri-food sector. *DOAJ*, 2023.
6. High-tech Dairy Farm Cluster: Actions to Reduce CO<sub>2</sub> Emissions and Practice Circular Economy. *HumanActPrize.org*, 2024.
7. Vanotti M. B. Circular Economy Approaches in Livestock Waste Area. *FFTC Agricultural Policy Platform*, 2022.
8. Circular Economy and Digital Technologies in Agriculture. *MDPI Topics*, 2023.
9. Chiaraluce G., Bentivoglio D., Finco A. Circular Economy Models in Agro-Food Systems: A Review. *Sustainability*, 2021, 13(6): 3453.
10. AGRI-BIOCIRCULAR-HUB. EU Horizon Europe Project ID 101186869, 2024.
11. Yépez-Ponce D. F., Salcedo J. V. Mobile robotics in smart farming: current trends and applications. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 2023.

12. Circular Economy in the Agri-Food System at the Country Level – Evidence from European Countries. Sustainability, 2024.

13. Young S. N. Intelligent robots for agriculture – Ag-robot development, navigation, and information perception. Frontiers in Robotics and AI, 2025.

14. Lery Z. Advancing Sustainable Food Production: The Role of Robotics in Agriculture Automation. Adv. Robot. Autom., 2023.

15. Yépez-Ponce D. F., Salcedo J. V. Mobile robotics in smart farming: current trends and applications. Frontiers in Artificial Intelligence, 2023.



УДК 621.928.2:663.4

## КОНСТРУКЦІЯ ГІДРОЦИКЛОНА-ЗГУЩУВАЧА ДЛЯ ЗНЕВОДНЕННЯ ПИВНОЇ ДРОБИНИ

**Міненко С.В.<sup>1</sup>**, к.т.н., доцент, **Соловійов М.І.<sup>1</sup>**, здобувач освіти  
**Шевчук О.А.<sup>2</sup>**, викладач

<sup>1</sup>*Поліський національний університет, м. Житомир, dgs-ua@ukr.net*

<sup>2</sup>*Житомирський агротехнічний фаховий коледж*

Гідроциклон-згущувач (рис. 1) складається з циліндричного корпусу 1, розвантажувального патрубку 3, живильника 2, зливного патрубку 4. У нижній частині розвантажувального патрубку 3 закріплено пристрій 11 для зневоднення згущеної фракції, який містить верхню частину порожнистого корпусу 5 та нижню частину порожнистого корпусу 9, виконану у формі зрізаного конуса, спрямованого меншим основою донизу, і патрубок 10 для відведення твердої фракції.

У нижній частині порожнистого корпусу 5, співвісно з розвантажувальним патрубком 3, встановлено фільтрувальний елемент 6, який являє собою конічну перфоровану поверхню, з'єднану основою з коробом 7, пропущеним із ущільненням крізь конічну частину порожнистого корпусу 9. У нижній частині коробка 7 розташовано патрубок 8 для виведення фільтрату.

Гідроциклон-згущувач працює таким чином: пивне сушло під тиском через живильник 2 надходить усередину циліндроконічного корпусу 1, де

відбувається його розділення на рідку та густу фракції. Відокремлена рідка фракція (пивне сусло) відводиться через зливний патрубок 4, а згущена (пивна дробина) – по конічній частині корпуса 1 надходить у розвантажувальний патрубок 3.

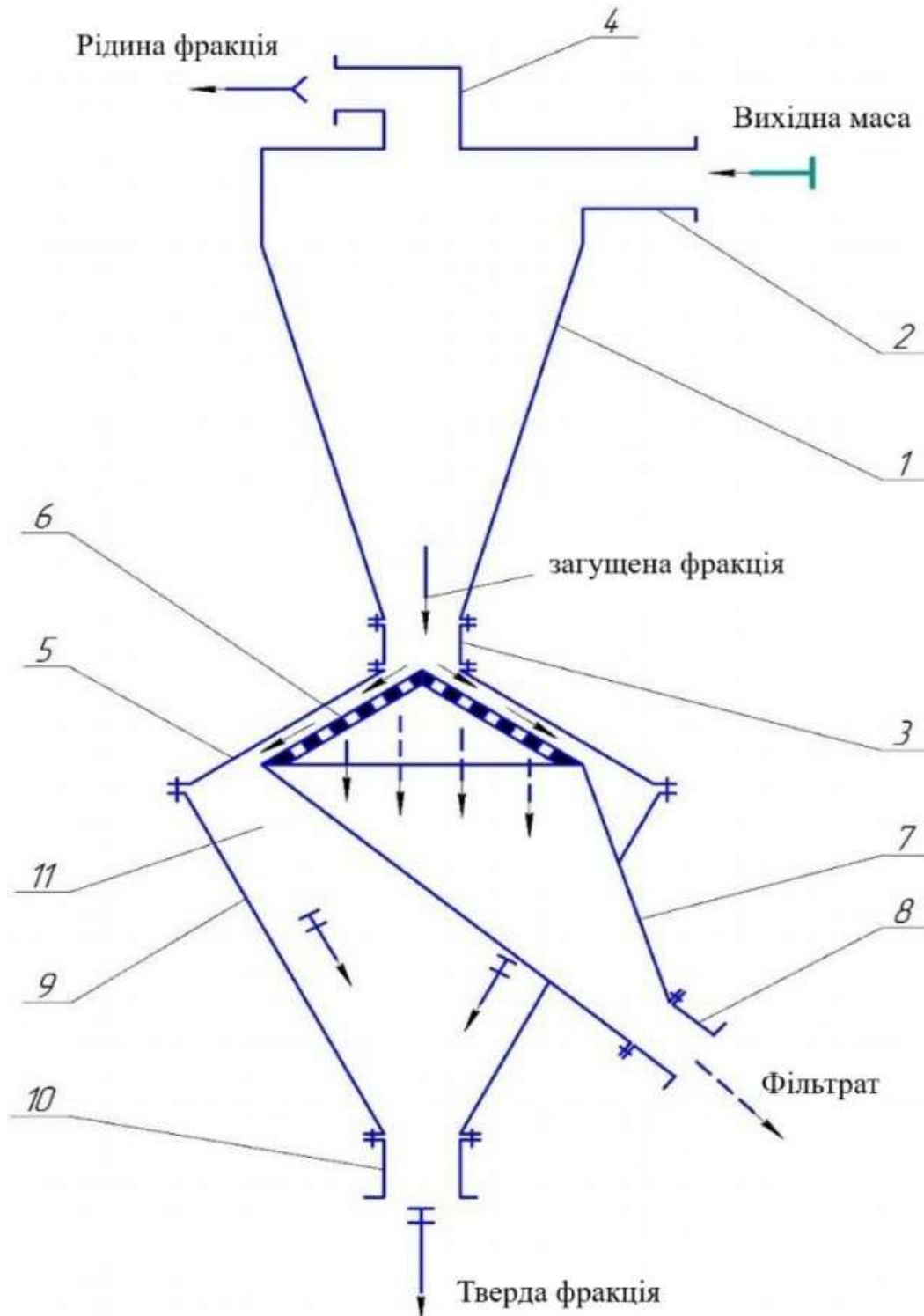


Рисунок 1 – Гідроциклон-згущувач  
Згущена у гідроциклоні фракція подається на фільтрувальний елемент

б, де зневоднюється через перфоровані отвори внаслідок гравітаційної фільтрації. Зневоднена тверда фракція (пивна дробина), переміщуючись по похилій поверхні фільтрувального елемента б під дією різниці сил тертя та гравітації, сповзає з нього та виводиться з гідроциклона-згущувача, ковзаючи по нижній частині корпусу 9 через патрубок 10 для видалення твердої фракції.

Пивне сусло, відфільтроване від пивної дробини, проходячи у вигляді фільтрату через перфоровану поверхню фільтрувального елемента б по коробу 7, зливається через патрубок 8 для виведення фільтрату, об'єднується з пивним суслом, відведеним через зливний патрубок 4, і подається до сусловарильного котла.



УДК 631.3:621.791:621.89:620.193

## **НАПРЯМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЗБЕРЕЖЕНОСТІ ЗМІШУВАЧІВ-КОРМОРОЗДАВАЧІВ**

**Новицький А.В.**, к.т.н., доц., [novytskyu@nubip.edu.ua](mailto:novytskyu@nubip.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Для змішувачів-кормороздавачів, які працюють у складних умовах тваринницьких приміщень із підвищеною вологістю та агресивним середовищем, забезпечення збереженості має особливе значення. Збережуваність – властивість об'єкта зберігати в заданих межах значення параметрів, що характеризують здатність об'єкта виконувати потрібні функції, під час і після зберігання та (чи) транспортування [1]. Втрата захисних властивостей або пошкодження конструкційних елементів призводить до зниження ефективності процесу подрібнення та змішування кормів, підвищення експлуатаційних витрат і скорочення терміну служби техніки.

Мета дослідження полягає у визначенні основних напрямів забезпечення показників збереженості змішувачів-кормороздавачів як складової надійності шляхом удосконалення конструктивних, технологічних, експлуатаційних і організаційних рішень.

Попередніми дослідженнями встановлено, що забезпечення

показників збереженості є невід'ємною складовою системи управління надійністю змішувачів-кормороздавачів і дозволяє зменшити витрати на ремонт, скоротити час підготовки техніки до експлуатації та підвищити ефективність використання в тваринницьких господарствах [2, 3].

Забезпечення показників збереженості змішувачів-кормороздавачів передбачає реалізацію комплексу конструктивно-технологічних, захисних, організаційно-експлуатаційних та інформаційно-аналітичних заходів. До конструктивно-технологічних належить застосування зносостійких і антикорозійних матеріалів для робочих органів, ущільнень та підшипників, а також модульна будова вузлів, що забезпечує простоту заміни та ремонтпридатність. Важливим є оптимальне компонування механізму подрібнення-змішування та приводу, що зменшує динамічні навантаження і вібрації.

Захисні напрями включають використання багатошарових антикорозійних покриттів, порошкового фарбування, цинкування, плазмового напилення, термічної та хіміко-термічної обробки поверхонь для підвищення твердості й стійкості до кородування та абразивного зносу [5, 6]. Ефективним є локальне армування вставками з композитних або високолегованих матеріалів у місцях підвищеного тертя.

Організаційно-експлуатаційні заходи передбачають дотримання регламентів технічного обслуговування, періодичне мащення та очищення, перевірку кріплень, а також контроль навантаження під час роботи для недопущення перевищення допустимих експлуатаційних параметрів. Планові діагностичні огляди вузлів, контроль вібрацій і температури підшипників сприяють своєчасному виявленню початкових дефектів. Для зберігання техніки необхідно забезпечити сухі вентильовані приміщення, проведення консервації з використанням антикорозійних мастил і дренажних отворів для відведення вологи.

Важливим аспектом є підготовка персоналу, інструктаж операторів щодо правил експлуатації та зберігання техніки, інструктаж персоналу сервісних підприємств щодо дотримання вимог з технічного обслуговування та ремонтування [7]. Запровадження системи контролю показників збереженості передбачає моніторинг коефіцієнта працездатного стану, частоти відмов при зберіганні, ступеня корозійного ураження та зносу робочих органів. Отримані дані доцільно заносити в електронну базу для аналізу тенденцій зниження надійності та планування конструктивних удосконалень.

Узагальнюючи слід зазначити, що забезпечення збереженості змішувачів-кормороздавачів як властивості надійності досягається системним підходом, що включає удосконалення конструкції, використання сучасних матеріалів, регламентоване технічне обслуговування, навчання персоналу та постійний моніторинг технічного стану. Реалізація цих напрямів дозволяє зменшити темпи фізичного і корозійного зносу, підвищити довговічність і знизити експлуатаційні витрати в умовах агресивного середовища тваринницьких ферм та комплексів.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. ДСТУ 2860–94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Київ: Держстандарт України, 1995. 64 с.
2. Novitskiy, A., Banniy, O., Novitskiy, Yu., Kharkovskiy, I., & Antal, M. (2024). Examination of maintainability indicators of feed preparation and distribution products. *Machinery & Energetics*, 15(4), pp. 47–57.
3. Novitskiy, A., Banniy, O., Novitskiy, Yu., & Antal, M. (2023). A study of mixer-feeder equipment operational reliability. *Machinery & Energetics*, 14(4)
4. Ружи́ло З. В., Нови́цький А. В. (2016). Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту. *Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів»*. Харків. Вип. 2. С. 223–231.
5. Y. Sun. (2023). *Surface Engineering & Coating Technologies for Corrosion and Tribocorrosion Resistance*. MDPI. *Materials*. 16(13):4863.
6. Y. Wang, D. Li, C. Nie, P. Gong, J. Yang, Z. Hu, B. Li, M. Ma. (2023). Research Progress on the Wear Resistance of Key Components in Agricultural Machinery. MDPI. *Materials*, 16(24), 7646;
7. Boyko, A., Novitskiy A. (2018). Mathematical model of reliability of human-machine system under reduced efficiency of its generalized work. *Machinery & Energetics. Journal of Production Research*. Kyiv. Ukraine 9.3 97-101.



УДК 631.3:636.085.52

## **ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ВИРІЗНОГО МЕХАНІЗМУ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ І ТЕХНОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНШЕЙНИХ СИЛОСНИХ СХОВИЩ**

**Остапенко О.В.**, здобувач ступеня доктора філософії з галузевого машинобудування, LeshaOsapenko94@gmail.com  
*Вінницький національний аграрний університет*

**Вступ.** Сучасне тваринництво України стикається з низкою структурних та технологічних проблем, що негативно впливають на обсяги виробництва молока та м'яса. Одним із ключових чинників, який визначає ефективність тваринницького виробництва, є організація та механізація процесів приготування і видачі кормів. Витрати на корми формують значну частину собівартості продукції, а якість кормової маси безпосередньо впливає на продуктивність тварин. Особливе значення має процес вивантаження силосу та сінажу із траншейних сховищ, оскільки неправильне відокремлення корму може призводити до вторинної ферментації та втрати поживної цінності [1, 2]. У світовій практиці доведено, що блочне відокремлення корму з використанням навантажувачів з вирізними механізмами дозволяє мінімізувати втрати, зберегти щільність кормової маси та забезпечити її технологічну придатність для годування.

Разом із тим продуктивність і енергоефективність таких навантажувачів значною мірою залежать від конструктивних особливостей різака та системи гідроприводів [3]. Адаптивне регулювання режимів роботи виконавчих механізмів дозволяє зменшити енергоспоживання, підвищити рівень механізації та забезпечити рівну щільну поверхню кормового масиву. У зв'язку з цим дослідження впливу конструктивних особливостей вирізного механізму на ефективність роботи траншейних силосних сховищ є актуальним завданням сучасного тваринництва та механізації кормоприготування.

**Метою дослідження** є визначення впливу конструктивних особливостей вирізного механізму навантажувача на ефективність роботи траншейних силосних сховищ.

**Результати дослідження.** У ході дослідження встановлено, що конструктивні особливості вирізного механізму навантажувачів мають вирішальний вплив на ефективність роботи траншейних силосних сховищ.

Основним показником продуктивності є рівномірність відокремлення блоків корму та збереження їх щільності, що безпосередньо впливає на якість силосу та сінажу. Неправильна конструкція різача або нерівномірне відокремлення корму призводять до доступу повітря до масиву, виникнення вторинної ферментації та втрати поживної цінності корму. Результати експериментів підтверджують, що оптимально розроблений ріжучий механізм дозволяє значно зменшити втрати корму, зберегти його щільність і покращити технологічні параметри подальшого згодовування [3].

Аналіз конструкції гідравлічних приводів показав, що використання адаптивного гідравлічного привода для робочих органів вирізного механізму забезпечує гнучкість та адаптивність роботи механізму. Це дозволяє регулювати швидкість та силу різання залежно від фактичного навантаження на ріжучий інструмент, що особливо важливо при роботі з кормовими масами, які містять тверді включення, такі як міжвузля кукурудзи. У традиційних конструкціях, які не передбачають адаптивного регулювання, виникають перевантаження та зупинки, що значно знижує продуктивність і підвищує енергоспоживання [2].

Експериментальні дані показали, що застосування принципу адаптації роботи гідроприводів дозволяє зменшити потужність приводів до мінімально необхідної, без втрати продуктивності [4]. Це не лише знижує енергетичні витрати, а й продовжує ресурс виконавчих механізмів, зменшуючи знос деталей та підвищуючи надійність навантажувача. Крім того, рівномірне формування блоків корму сприяє створенню щільної поверхні кормового масиву, що запобігає промерзанню та полегшує процес згодовування у зимовий період.

Порівняння результатів з міжнародним досвідом показало, що у країнах Західної Європи протягом останніх десятиліть широко застосовується блочне відокремлення корму, яке забезпечує мінімізацію втрат та покращення технологічних властивостей кормової маси [5]. Вітчизняні конструкції, вдосконалені шляхом введення адаптивних гідроприводів і роздільних ріжучих приводів, дозволяють досягти схожих показників продуктивності, але при значно менших енергетичних витратах. Це особливо важливо для сучасних українських ферм, де ефективність використання ресурсів має пріоритетне значення.

Окремо слід відзначити вплив конструктивних удосконалень на економічну ефективність процесів приготування корму. Економія енергії та зменшення часу простою при перевантаженнях дозволяє скоротити витрати

на годівлю, що є найбільшою статтею собівартості молока та м'яса. Крім того, підвищення механізації робіт з вивантаження корму зменшує потребу у ручній праці та забезпечує стабільність технологічного процесу, що позитивно впливає на загальний рівень продуктивності тварин.

Детальний аналіз показав, що оптимальні розміри різака та правильне розташування приводів дозволяють досягати більшої продуктивності при відокремленні корму об'ємом блоку 0,85–1,25 м<sup>3</sup>. Таке формування блоку забезпечує щільну технологічну поверхню корму, що запобігає доступу повітря і вторинній ферментації залишкової маси. У свою чергу це зменшує втрати поживних речовин та підтримує високий рівень якості корму на протязі всього періоду згодовування [2, 3].

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що конструктивні особливості вирізного механізму – розташування приводів, можливість адаптивного регулювання режимів роботи та оптимальні геометричні параметри різака – безпосередньо впливають на продуктивність, енергоефективність і економічну доцільність використання навантажувачів у траншейних силосних сховищах.

**Висновки.** Проведені дослідження показали, що конструктивні рішення вирізного механізму навантажувача суттєво впливають на продуктивність, енергоефективність та технологічні характеристики траншейних силосних сховищ. Рівномірне формування блоків корму дозволяє зменшити доступ повітря до залишкової маси, запобігти вторинній ферментації та зберегти щільність корму, що особливо важливо для збереження якості корму у зимовий період. Використання адаптивного гідравлічного привода у вирізних механізмах забезпечує адаптивне регулювання режимів роботи гідроприводів, що дозволяє знизити енергоспоживання та скоротити час простою при перевантаженнях, зумовлених наявністю твердих включень у кормовій масі. Конструктивні удосконалення різака сприяють підвищенню механізації процесів вивантаження корму, зменшенню собівартості продукції тваринництва та покращенню технологічних параметрів силосного масиву. Вдосконалена конструкція різака забезпечує високу продуктивність та надійність роботи навантажувача, дозволяючи зберегти якість кормової маси та створювати оптимальні умови для годування великої рогатої худоби. Результати дослідження свідчать про практичну доцільність впровадження адаптивних гідравлічних приводів і оптимальних геометричних параметрів різака для підвищення енергоефективності та технологічних показників траншейних

силосних сховищ. Отримані дані можуть бути використані для розробки нових моделей навантажувачів із вдосконаленими конструктивними рішеннями та оптимізації існуючих технологій блочного відокремлення корму, що сприятиме підвищенню ефективності та конкурентоспроможності тваринницького виробництва в Україні.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Руткевич В., Шаргородський С., Остапенко О. Дослідження привода вирізного механізму для вивантаження силосу із траншейних сховищ. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки*. 2024. № 5 (341). С. 399–404.

2. Kuzmenko V.F., Veselovska N.R., Rutkevych V.S., Shargorodskiy S.A., Kholodiuk O. V. Modeling of an adaptive hydraulic drive system for the cutting mechanism of a stem feed loader. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. 2025. Vol. 12(2), pp. F1–F11.

3. Shargorodskiy S., Rutkevych V., Kupchuk I., Hraniak V., Didyk A. Investigation of drive power of the mechanism for separation of stem feed from feed monolith. *Agricultural engineering*. 2022. Vol. 54. P. 27–38.

4. Руткевич В., Шаргородський С., Остапенко О. Розробка експериментального стенду для ресурсного дослідження дросельного дільника потоку з компенсаційними штоками. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки*. 2025. № 358(5,2). С. 401–407.

5. Руткевич В., Спірін А., Остапенко О. Конкурентоспроможність інноваційного вирізного механізму для вивантаження силосної маси із траншейних сховищ. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки*. 2025. № 358(5, 2). С. 423–427.



УДК 330.131

## **ПЕРША ДОМЕДИЧНА ДОПОМОГА ПРИ ХАРЧОВОМУ ОТРУЄННІ МОЛОКОМ І МОЛОКОПРОДУКТАМИ В ІНДУСТРІЇ ГОСТИННОСТІ**

**Поліщук В.М.**, д.т.н., професор

**Кудрявицька А.М.**, к.с.-г.н., доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Харчові отруєння - це хвороби, які виникають при вживанні їжі та напоїв, які містять токсичні речовини або патогенні мікроорганізми. При харчовому отруєнні молоком і молокопродуктами в більшості випадків слід мати на увазі саме отруєння продуктами життєдіяльності патогенних мікроорганізмів. Патогенні мікроорганізми, потрапляючи до шлунково-кишкового тракту, починають синтезувати токсини, які викликають низку неприємних симптомів.

Слід розрізняти харчове отруєння молоком і молокопродуктами патогенними мікроорганізмами, які потрапили в коров'яче молоко ще до доїння, і які потрапили в коров'яче молоко чи молокопродукти внаслідок їх неправильного зберігання або перевищення терміну зберігання.

В першому випадку можемо говорити про маститне молоко. Молоко від маститних корів не придатне до переробки. Крім патогенних бактерій, маститне молоко часто містить антибіотики, які не знищуються при термічній обробці, здатні накопичуватись в організмі тварини, призводити до мутації бактерій, тобто підвищення їх стійкості до антибіотиків. Після пастеризації маститного молока в деяких лабораторних зразках було більше бактерій, ніж до пастеризації. Гірше того, після пастеризації з'явилися нові види бактерій [1].

При субклінічному маститі виділяються патогенні мікроорганізми, більшість із них це стрептококи та стафілококи, які можуть бути причиною захворювання людей (ангіною, скарлатиною, отитом, пневмонією, менінгітом, харчовими токсикозами та ін.). Під час захворювання корів маститом змінюється склад і якість молока. В молоці корів, хворих на клінічний і субклінічний (прихована) форми маститу, а також корів-бактеріоносіїв, знаходять велику кількість стафілококів і інших мікроорганізмів. Молоко від цих корів викликає у людей, особливо у дітей, харчові отруєння бактеріального походження (оскільки токсини при

зnezараженні не інактивуються), розлади функцій шлунково-кишкового тракту, стрептококову ангіну тощо [2].

Існує велике різноманіття патогенних мікроорганізмів, які можуть потрапити в коров'яче молоко чи молокопродукти внаслідок їх неправильного зберігання або перевищення терміну зберігання.

*Кишкова паличка* (*Escherichia coli*, *E. coli*). Більшість штамів *E. coli* є нешкідливими і становлять більшу частину нормальної флори кишечника людини та тварин. Кишкова паличка, яка мешкає в кишківнику, приносить користь організму господаря, наприклад, синтезуючи вітамін К, а також запобігаючи розвитку патогенних мікроорганізмів у кишківнику. Однак існують деякі різновиди *E. coli* (ентеропатогенна кишкова паличка - ЕПКП), які здатні викликати епідемічні спалахи масових кишкових отруєнь під загальною назвою Ешерихіоз. Зазвичай ешерихіоз починається поступово і проявляється нудотою, блюванням (до 3 разів на добу), слабкістю і спастичними болями в животі, лихоманкою та зневодненням організму. Крім того, бездумне та повсюдне застосування антибіотиків призвело до появи нового різновиду кишкової палички. Захищаючись від антибіотикоагресії людини, *E. coli* еволюціонувала і, завдяки певному гену стійкості, що з'явився в неї, який назвали NDM-1, стала несприйнятливою до всіх відомих антибіотиків [3].

*Золотистий стафілокок* викликає харчову стафілококову токсикоінфекцію, яка зазвичай супроводжується різким погіршенням самопочуття, нудотою, блюванням і діареєю [4].

*Сальмонела*. швидко розмножується в сирому молоці та молочних продуктах, вражає печінку та викликає інфекційне захворювання Сальмонельоз. Симптоми сальмонельозу можуть бути різними, але зазвичай у перші години хвороби спостерігається легке нездужання, яке супроводжується здуттям живота. Потім різко наростає температура, з'являється запаморочення, біль у скронях, ломота. Ознаки інтоксикації сягають максимуму на другу добу. В цей же час з'являються ознаки гастроентериту: болі в животі, блювота, у якій наявні залишки їжі. Далі блювотні маси стають зеленими та водянистими [3].

*Грибки та дріжджі*. найчастіше зустрічається кандидоз, що викликає кандидоз. При ураженні шлунково-кишкового тракту спостерігається епігастральний біль, нудота і блювання, біль в інших відділах живота, гарячка і озноб.

Отже, при харчовому отруєнні молоком і молокопродуктами постраждалому необхідно надати першу допомогу, алгоритм якої наступний:

- якщо пройшло не більше 30 хв. від початку отруєння – провести промивання шлунку: випити 2-3 склянки холодної (18°C) води і викликати блювання; повторювати до отримання чистих промивних вод (рис. 1); якщо пройшло більше 30 хв. від початку отруєння – перейти до наступного пункту;



Рисунок 1 – Промивання шлунку

- дати багато сорбенту (активоване вугілля чи його аналоги, 1 г на 1 кг ваги постраждалого), надлишок сорбенту не нанесе ніякої шкоди організму;

- пити багато води з температурою тіла людини (по одному ковтку, щоб не викликати блювання);

- доставити до лікаря при:

б) при двоїнні в очах, спутаній мові, проблемах з ковтанням;

в) при м'язовій слабкості;

г) при появі жовтяниці і висипу;

д) при появі крові у блювотній чи каловій масі;

е) при неможливості помочитись на протязі 6 год.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. В маститному молоці залишаються бактерії після пастеризації. Матеріали із сайту АВМ Асоціація виробників молока [Електронний ресурс]. URL: <https://avm-ua.org/uk/post/v-mastitnomu-moloci-zalisautsabakterii-pisla-pasterizacii?milku=0>.

2. Вплив хвороб корів на якість молока. Матеріали із сайту Головного управління Держспоживслужби в Херсонській області [Електронний

ресурс]. URL: <https://dpss-ks.gov.ua/novini/vpliv-xvorob-koriv-na-yakist-moloka>.

3. Про причини харчових отруєнь та профілактику небезпечних хвороб і станів. Матеріали із сайту Міністерства охорони здоров'я України [Електронний ресурс]. URL: <https://moz.gov.ua/uk/pro-prichini-harchovuyh-otruen-ta-profilaktiku-nebezpechnih-hvorob-i-staniv->.

4. Рябоконт О.В., Оніщенко Т.Є., Рябоконт Ю.Ю. Інфекційні хвороби: навч. посібник. Запоріжжя: ЗДМУ. 2011. 205 С.



УДК 637.5:532.5

## **АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ТА МЕХАНІЗМІВ ЗМІШУВАННЯ СИПКИХ КОРМІВ**

**Пономаренко Р. Г.**, аспірант, [Ronomarenko240314@gmail.com](mailto:Ronomarenko240314@gmail.com)  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Змішування частинок є ключовою операцією при виробництві порошкоподібних, зернистих або гранульованих кормів для тварин. Воно застосовується на різних етапах технологічного процесу: під час підготовки сировини, кондиціонування, гранулювання, зберігання та пакування кормів. У більшості випадків корми або напівфабрикати виготовляються з вихідної сировини у формі порошків чи гранул, що вимагає отримання однорідної та добре змішаної кінцевої суміші [1, 2].

Оскільки змішування значно впливає на якість та поживні властивості кормів, його можна розглядати як ключову операцію в технологічному ланцюзі виробництва. Застосування ефективних методів і технологій для контролю процесу змішування та уникнення розшарування частинок дозволяє підвищити рівномірність суміші, скоротити енергетичні та матеріальні витрати, а також сприяє розвитку механіки сипких матеріалів.

Поглиблене вивчення механізмів змішування та ефективності перемішування частинок є важливим для оптимізації виробничих процесів та обладнання у виробництві сипких кормів. Незалежно від конкретних цілей змішування в різних технологічних лініях, основні механізми

змішування залишаються подібними і включає наступні механізми.

1. **Змішування конвекцією** (рис. 1, а). Виникає внаслідок переміщення частинок у вигляді згустків, які зсуваються відносно однієї до одної під дією мішалки. Кожен згусток переміщується на певну відстань та зміщується в іншу частину змішувача. Це покращує просторове перемішування і збільшує площу контакту між компонентами суміші. Розмір згустків не залежить від геометрії змішувача та не визначається механікою потоку.

2. **Змішування дифузійною** (рис. 1, б). Забезпечує змішування на масштабі розміру окремих частинок у змішувачі. Дифузійне змішування виникає через хаотичний рух частинок. Швидкість змішування при цьому механізмі нижча, ніж при конвекції, проте воно є необхідним для мікроскопічної гомогенізації суміші.

3. **Змішування зсувом** (рис. 1, в)). Відбувається за рахунок утворення вузьких зон ковзання у сипких матеріалах, де спостерігається високий градієнт швидкості. Позад цих зон частинки рухаються майже блоками, що пов'язує механізм із конвекцією. Значне зсувне деформування порошку збільшує площу контакту між частинками і руйнує агломерати, забезпечуючи більш однорідну суміш.

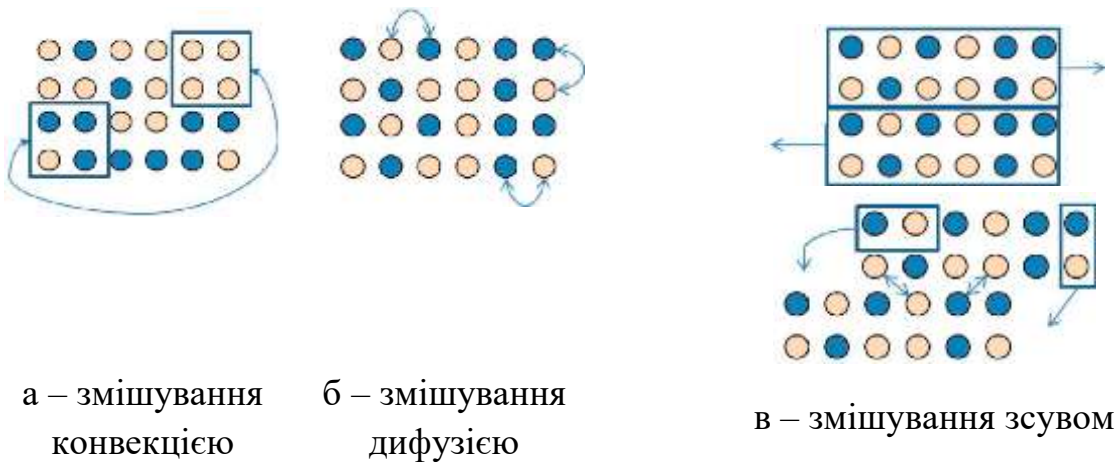


Рисунок 1 – Механізми змішування [3, 4]

Процес змішування сипких кормів у змішувачі відбувається одночасно за всіма трьома описаними механізмами. Характеристична крива змішування показує залежність ступеня однорідності  $M$  (у логарифмічному масштабі) від часу змішування  $t$  (у лінійному масштабі) – див. рис. 2. На початковій стадії (I) домінує конвекційне змішування. Різке зниження

дисперсності на початку пояснюється переважанням конвекційного механізму, коли великі блоки частинок переміщуються в об'ємі суміші, наприклад, у масштабі лопатей змішувача.

На проміжній стадії (II) змішування відбувається більш рівномірно завдяки одночасній дії конвекційного та зсувного механізмів. Коли масштаб неоднорідних зон стає меншим за розмір блоків частинок, конвекція вже неефективна для подальшого зменшення стандартного відхилення. У цьому випадку дифузія стає переважачим механізмом, забезпечуючи подальшу гомогенізацію суміші.

При достатньо тривалому часі змішування стандартне відхилення досягає мінімального значення та коливається навколо нього, що відповідає фінальній стадії (III).

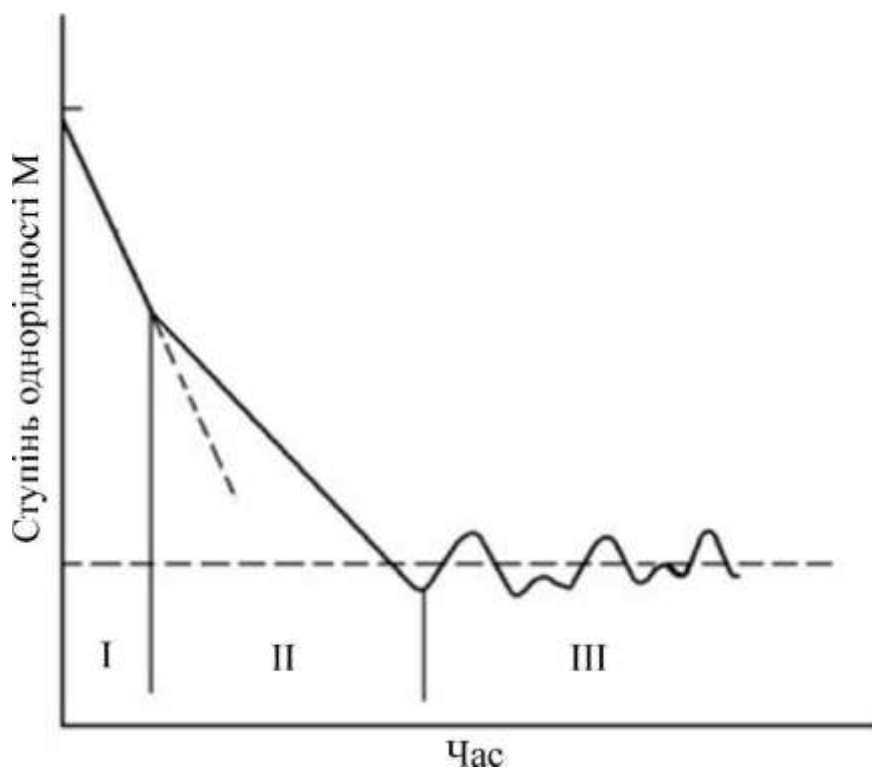


Рисунок 2 – Схематичне зображення характерної кривої процесу змішування [5, 6]

Однак реальний процес змішування сипких кормів у промисловому виробництві значно складніший, ніж показано на рис. 2. Точний і детальний опис стану змішування та механізмів перемішування є надзвичайно важливим, але на сьогодні проривних результатів у цій сфері ще не отримано. На механізм і якість змішування впливає багато факторів,

зокрема властивості матеріалу, конструкція змішувача та режими його роботи. Властивості матеріалу включають геометричні характеристики (форма і розмір частинок) та фізичні характеристики (густина, когезія тощо). Усі ці чинники визначають особливості конкретного процесу змішування, що ускладнює його дослідження.

Змішування сипких кормів є ключовою операцією, що визначає однорідність і якість суміші. Воно здійснюється одночасно за трьома механізмами: конвекцією, дифузією та зсувом, які домінують на різних стадіях процесу. Ефективність змішування залежить від властивостей матеріалу, конструкції змішувача та режимів роботи, що робить контроль цих факторів важливим для оптимізації технології та підвищення якості кормів.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Yang, W. J., Neoh, K.-G., Kang, E.-T., Teo, S. L.-M., & Rittschof, D. (2014). Polymer brush coatings for combating marine biofouling. *Progress in Polymer Science*, 39, 1017–1042.
2. Ashton, M., & Valentin, F. E. (1966). The mixing of powders and particles in industrial mixers. *Transactions of the Institution of Chemical Engineers*, 44, 166–188.
3. Lacey, P. M. C. (1954). Developments in the theory of particle mixing. *Journal of Applied Chemistry*, 4, 257–268.
4. Muzzio, F. J., Alexander, A., Goodridge, C., Shen, E., Shinbrot, T., Manjunath, K., Dhodapkar, S., & Jacob, K. (2004). Solids mixing. In *Handbook of Industrial Mixing* (pp. 887–985). John Wiley & Sons.
5. Bridgwater, J. (1976). Fundamental powder mixing mechanisms. *Powder Technology*, 15, 215–236.
6. Rose, H. (1959). A suggested equation relating to the mixing of powders and its application to the study of the performance of certain types of machine. *Transactions of the Institution of Chemical Engineers*, 37, 47–57.



УДК 620.197

## АНТИКОРОЗІЙНИЙ ЗАХИСТ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ

Попик П.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доц., psporyk@nubip.edu.ua,

Мигулько С.М.<sup>2</sup>, студент магістратури

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

<sup>2</sup>Сумський національний аграрний університет

Дослідження мікроклімату в тваринницьких приміщеннях господарств показали, що мікроклімат характеризується наступними даними: відносна вологість повітря 72-85 %; запиленість 0,002-0,001 мг/л повітря; вміст вуглекислого газу 0,10-0,14 %; вміст аміаку 0,007-0,013, сірководню 0,0006-0,002, діоксиду сірки 0,0001-0,0018 мг/л повітря. Висока вологість разом з пилом (органічного і неорганічного походження) сприяє біохімічній (біологічній) корозії, яка за даними дослідників, у деяких випадках може мати більше значення ніж електрична корозія.

Підвищена агресивність мікроклімату ферм призводить до передчасного виходу з ладу обладнання систем водопостачання, опалення, вентиляції та інших металевих виробів. Від корозійного руйнування в тваринницьких приміщеннях щорічно втрачається 2-4 % металу. Для захисту металу від корозії в тваринництві в основному використовують цинкові і лакофарбові матеріали. Але, як показують дослідження (і практика), цинк не є досить стабільним захисним матеріалом в мікрокліматі фермерських господарств. На поверхні оцинкованих виробів, в залежності від характеру мікроклімату, продукти корозії цинкового шару з'являються у вигляді «білої іржі» через 0,5-1 рік. Оцинкована низьковуглецева сталь може піддаватися корозії не тільки після руйнування цинкового шару, що електрохімічно захищає метал, але і в результаті пористості покриття. У деяких зразках такі осередки покривали 20-30 % від загальної поверхні, не рахуючи руйнування самого захисного шару.

Низька стійкість цинкових покриттів в мікрокліматі фермерських господарств обумовлена його хімічними властивостями. Цинк схильний до значної корозії в атмосфері діоксиду сірки, сірководню, аміаку, тобто тих газів, які присутні в мікрокліматі тваринницьких приміщень. Стійкість цинку до розбавлених кислот і лугів також недостатньо висока. А це умови,

характерні для мікроконденсаційних плівок на поверхні металу.

Цинкування металоконструкцій тваринницьких ферм має ряд суттєвих технологічних недоліків.

Цинкові покриття не підлягають відновленню на об'єктах експлуатації. Гаряче цинкування вимагає значних виробничих площ (1400-2000 м<sup>2</sup> замість 650-750 м<sup>2</sup> для організації лакофарбових покриттів). Гаряче цинкування складно реалізувати при великих монтажних вузлах систем водопостачання та опалення. Ванни для цинкування потребують цілодобове підтримання заданої температури (420-430 °С), що в умовах двозмінної роботи пов'язане з додатковим споживанням електроенергії. Цинкування вимагає значних капітальних витрат на основне і допоміжне обладнання, на будівництво очисних споруд.

Для створення ефективних покриттів на основі лакофарбових матеріалів були проведені лабораторні, натурні та виробничі дослідження 12 видів перспективних покриттів. Лакофарбові покриття мають відмінну адгезію до металів, середню твердість і стійкість до механічних пошкоджень. Їх зручно наносити будь-якими механічними засобами. Захисну плівку на об'єкті завжди можна заново покрити новим шаром: при цьому немає ніяких складнощів в плані забезпечення надійної адгезії і ніякого демонтажу металоконструкцій.

В результаті досліджень було виявлено 5 видів найбільш стійких лакофарбових матеріалів, що випускаються вітчизняною промисловістю: органічні емалі ХВ-1100, ЕП-773, ХСЕ-23, ЕП-140, МЛ-12К. Серед них особливо перспективна емаль ХВ-1100. Вона надійно захищає поверхню металу (по довговічності не поступається цинковим покриттям) від корозійного руйнування, досить стійка при біологічному впливі, має хороші механічні властивості (міцність плівки на згин 1 мм, ударна в'язкість 35-40 кгс/см), має відмінну адгезію і низьку вартість. Вартість покриттів на основі емалі в 2-3 рази менше, ніж вартість цинкових покриттів.

У літературі широко обговорювалися переваги покриттів на основі органосилікатних матеріалів типу ВН-30, що наносяться товщиною 150-200 мкм. В дослідженнях, коли товщина шару на основі ВН-30 була близькою до товщини інших покриттів (61,1 мкм), цей матеріал показав низьку захисну стійкість: протягом двох років зруйнувалось до 90-95 % захисного шару. Причиною є погана суцільність дорожнього покриття. Нанесення органосилікатних матеріалів рекомендованої товщини нетехнологічне в умовах виготовлення і захисту монтажних систем

водопостачання, опалення, вентиляції, стійлового огороження та інших металоконструкцій і обходиться приблизно в 10 разів дорожче, ніж використання емалі ХВ-1100.

Дослідженнями встановлено, що передчасне руйнування лакофарбових покриттів на 30-60 % пов'язане з поганою підготовкою поверхні під покриття. При цьому витрати на підготовку основи складають до 30 % від загальної вартості захисту.

При антикорозійному захисті металевих конструкцій ферм не приділяється належної уваги підготовці поверхні. Підготовка поверхні особливо незадовільна при оновленні покриттів на об'єктах експлуатації. Це пов'язано з широким розмаїттям металевих виробів, що підлягають захисту, відсутністю належного обладнання та виробничих площ для його розміщення. Застосування перетворювачів іржі дає можливість спростити і знизити витрати на підготовку поверхні. Їх використання знижує витрати на підготовку поверхні в 1,5-2,0 рази, підвищує довговічність покриттів і покращує умови праці.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Мельник В.І. Ружило З.В., Мельник В.І., Новицький А.В., Ревенко Ю.І., Бистрий О.М., Попик П.С. Надійність машин та обладнання. Ремонтвання машин та відновлення деталей. Том 2. Навчальний посібник: НУБіП України. Київ. 2023. 313 с.

2. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Solomka O.V., Popuk P.S., Shvidia V.O., Stepanenko S.P. Experimental studies on drying conditions of grain crops with high moisture content in low-pressure environment. INMATEH: Agricultural Engineering, 2019, vol. 57, pp. 141-146, Bucharest, Romania.

3. Технічний сервіс в АПК: навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів / Ю.Г. Сорваніди, Д.П. Журавель, А.М. Бондар, О.Ю. Новік. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2021. - 157 с.



УДК 631.3:636

## ДО ПИТАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У СКОТАРСТВІ

**Ребенко В.І.**, к.т.н., доц., rebenko@nubip.edu.ua

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Технологія виробництва продукції тваринництва являє собою комплексну наукову дисципліну, сфокусовану не лише на розробці раціональних методів взаємодії між біологічними об'єктами (тваринами) та технічними засобами, але й, насамперед, на формуванні системи організаційних заходів. Ця система має на меті трансформацію окремих виробничих операцій з експлуатації тварин у узгоджений, інтегрований процес, що піддається комплексній механізації та автоматизації.

Технологія виробництва у сфері скотарства, як і будь-яка виробнича технологія, базується на міждисциплінарному науковому фундаменті, що охоплює засоби та способи виробництва. Вона інтегрує знання з таких ключових галузей:

- *Біологічні науки*: зоотехнія, ветеринарна медицина, зоогігієна.
- *Технічні науки*: механізація, електрифікація, автоматизація, архітектура та будівництво.
- *Науки про організацію виробництва*: управління, психологія, гігієна праці та техніка безпеки, економіка.

Очевидно, що ґрунтовне та всебічне розуміння сутності виробничого процесу є необхідною умовою не лише для його вдосконалення, а й для елементарного функціонування. З огляду на це, зоотехнія, зоогігієна та ветеринарна медицина виступають як наріжний камінь (фундамент) технології виробництва продукції скотарства, без якого її самостійне функціонування є неможливим.

На сучасному етапі біологічні, технічні та економічні науки створюють необхідну технологічну, технічну та організаційну базу для розвитку, оптимізації та імплементації високоефективних технологій промислового типу. Ці технології значно підвищують рівень використання потенційних можливостей тварин, мінімізують витрати праці, енергетичних та матеріальних ресурсів на одиницю продукції, а також скорочують чисельність задіяного персоналу.

Зазначені тенденції сприяють формуванню біотехнічних систем (БТС) – інноваційних інтегрованих комплексів, у яких тварини (як засоби виробництва), тваринницькі приміщення, технічне оснащення та робоча сила органічно поєднуються в рамках єдиного технологічного процесу.

Ключові особливості БТС включають:

- Органічне поєднання досконалих машинних систем, високопродуктивних тварин та автоматизації виробництва.
- Забезпечення технологічної безперервності та ритмічності виробничого циклу.
- Висока гнучкість технологічних процесів, що дозволяє адаптуватися до мінливих біологічних потреб тварин і природно-виробничих умов.
- Можливість варіативності масштабів та інтенсифікації виробництва.
- Узгодження експлуатаційно-технологічних характеристик із зростаючим рівнем інтенсифікації, що веде до підвищення енергетичної та економічної ефективності.
- Зростання значущості факторів взаємної адаптації тварин і техніки, а також контролю й управління технологічними процесами.

Успішне впровадження нових технологій у скотарстві значною мірою залежить від компетентності у застосуванні методів моделювання (проектування), організації та управління технологічними процесами для кожного виду продукції. Це вимагає, насамперед, глибинного розуміння фізичної, хімічної та біологічної сутності процесів, наявності математичної моделі, а також володіння методами розрахунку та оптимізації окремих елементів.

Сучасний інженер-технолог або технолог-дослідник повинен бути не лише спеціалістом зі знанням способу виробництва, але й інженером процесу, тобто експертом з його наукової організації. Така вимога зумовлена тим, що проектування технологічного процесу у виробництві продукції скотарства часто не практикується у повному обсязі, а термін зводиться до планування основних виробничих показників або, в кращому випадку, до розробки організаційно-господарського плану. Додатково, складність моделювання посилюється через відсутність стандартизованих норм та сучасних методів. Ідеї механізації та автоматизації, закладені при будівництві чи реконструкції, часто не документуються належним чином і не передаються зооінженеру для оперативного управління. Відтак, оволодіння методами моделювання є критично важливим для організації та управління високорентабельним виробництвом як у короткостроковій, так і

в довгостроковій перспективі.

Світовий досвід свідчить про доцільність триетапного моделювання технологічного процесу: ескізне, робоче та поопераційне. Кількість етапів може бути адаптована відповідно до обсягів виробництва, складності процесу та потреби в інтеграції. Для менших за обсягом виробництва ферм можливе обмеження лише робочим та поопераційним моделюванням.

Будь-який виробничий процес у тваринництві, включно зі скотарством, детермінується організацією наступних ключових елементів (систем):

1. Відтворення поголів'я.
2. Кормовиробництво та годівля худоби.
3. Утримання худоби та забезпечення мікроклімату у виробничих приміщеннях.
4. Виробнича експлуатація тварин.
5. Зоогігієнічний та ветеринарний захист.
6. Первинна обробка, переробка та зберігання виробленої продукції.

Варіативність характеристик та комбінацій зазначених елементів генерує значну кількість альтернативних рішень для формування принципової технологічної схеми процесу. Технологічна схема складається з вихідних принципових позицій та основних характеристик способу і засобів виробництва, які інтегруються у технологічний процес з урахуванням економічних, організаційних та управлінських аспектів.

Наприклад, наявність лише трьох можливих варіантів для кожного з шести елементів схеми потенційно створює 729 ( $3^6$ ) варіантів рішень, а п'яти – 15625 ( $5^6$ ) рішень. Однак, у підсумку, для практичної реалізації необхідно обрати лише один оптимальний варіант для кожного елемента. Звідси впливає необхідність попереднього моделювання для вибору оптимальної конфігурації складових елементів, організаційних режимів, засобів механізації, приміщень та системи управління перед проведенням детальних розрахунків.

Ця попередня розробка технологічної схеми та режимів забезпечує можливість економіко-математичного пошуку оптимальних варіантів способу виробництва для заданого обсягу ферми та розрахунку техніко-економічних показників. Результатом є розробка декількох альтернативних організаційних рішень, кожне з яких має демонструвати технологічні або економічні переваги.

Для отримання найкращих результатів застосовують наступні етапи

моделювання технологічного процесу.

Етап попереднього моделювання, спрямований на пошук оптимальних рішень для окремих складових технологічного процесу в загальному контексті, називається ескізним проектуванням (від фр. *esquisse*). Воно ініціюється після визначення обсягів виробництва продукції, що встановлюється державним замовленням або кон'юнктурою ринку.

Головне завдання ескізного етапу – вибір оптимальної технологічної схеми, яка повністю відповідає обсягам виробництва та забезпечує найвищі виробничі показники при мінімальній собівартості продукції. З точки зору математики, цільова функція економіко-математичної задачі формулюється як пошук оптимальної технологічної схеми (оптимального значення змінних), при якій функція мети набуває максимального значення за умови забезпечення заданого обсягу виробництва. Таким чином, оптимізаційний пошук зводиться до визначення ступеня впливу окремих елементів схеми на кінцевий результат.

На відміну від ескізного, робоче моделювання передбачає деталізований розгляд процесу та проведення розрахунків необхідної кількості поголів'я, обсягів матеріальних ресурсів, а також прогнозування виходу готової продукції та виробничих відходів.

Усі розрахунки супроводжуються детальним описом умов їх виконання та обмежуючих факторів, із конкретизацією прийомів відтворення, годівлі, утримання, експлуатації, зооветеринарного захисту та первинної переробки продукції, що закладаються у технологічний процес.

Впровадження сучасних засобів механізації, автоматизації та прогресивних технологічних процесів вимагає нових форм розподілу праці. Найбільш поширений підхід полягає у диференціації всього технологічного процесу на окремі однорідні операції чи роботи, які виконуються спеціалізованими виконавцями на конкретних робочих місцях. Багаторазове повторення однієї операції в стабільних умовах сприяє набуттю та вдосконаленню трудових навичок, професійної майстерності, автоматизації рухів, що дозволяє істотно скоротити часові та фізичні витрати і, відповідно, підвищити продуктивність праці.

Сутність поопераційного моделювання полягає у детальному аналізі процесу за окремими робочими операціями з метою визначення:

- Оптимальної послідовності операцій.
- Зоотехнічних і ветеринарних вимог та режимів їх виконання.
- Необхідних машин, обладнання та енергетичних засобів.

- Витрат часу та праці на виробництво продукції заданої кількості та якості.

Крім того, результатом поопераційного моделювання є технологічна документація, яка забезпечує оперативне управління процесом.

Найважливіше завдання поопераційного моделювання – точне визначення кількості операцій, їх розміщення у найбільш доцільній технологічній послідовності та встановлення вимог до всіх етапів кожної операції: підготовчих, основних та заключних. Послідовність операцій переважно детермінується сукупністю біологічних і господарських особливостей тварин, а також характером кінцевої продукції.

При встановленні кількості, змісту та послідовності операцій необхідно проводити всебічний аналіз кожного етапу для забезпечення гарантованого отримання запланованої кількості та якості продукції. З метою удосконалення технології необхідно періодично переглядати та аналізувати встановлену послідовність операцій, особливо при появі нового обладнання, для виявлення нових можливостей більш ефективної експлуатації худоби.



УДК 631.3:636

## **СТРИЖКА ОВЕЦЬ: ІНСТРУМЕНТИ, ТЕХНІКА ТА ЗБЕРІГАННЯ СИРОВИНИ**

**Ребенко В.І.**, к.т.н., доц., [rebenko@nubip.edu.ua](mailto:rebenko@nubip.edu.ua)

**Рапавий Н.**, студент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Стрижка овець є невід'ємною складовою технологічного процесу догляду за вівцями, незалежно від напрямку їх вирощування – м'ясного чи вовнового. Вона сприяє підтриманню гігієнічного стану тварин та забезпечує отримання якісної вовнової сировини.

**Інструменти для стрижки.** Для здійснення стрижки застосовують два основних типи інструментів: ручні ножиці та електричні машинки.

Ручні ножиці використовуються переважно у разі відсутності електропостачання або в умовах малих господарств (до 20 голів). Однак їх застосування вимагає певних навичок, оскільки існує ризик травмування тварини чи самого оператора. Подвійні ножиці зручніші у користуванні, хоча мають вищу вартість.

Електричні машинки забезпечують швидше та ефективніше зістригання вовни, не потребують значних фізичних зусиль і є доцільними для використання у середніх і великих стадах. Для підтримання їх працездатності необхідно регулярно очищати і заточувати леза.

**Періодичність стрижки.** Частота стрижки залежить від породи, кліматичних умов і типу вовни:

- ягнят стрижуть через п'ять місяців після народження;
- тонкорунних і напівтонкорунних овець – один раз на рік, навесні;
- інших порід – двічі на рік (навесні та влітку);

У південних регіонах рекомендовано проводити стрижку наприкінці квітня, у північних – на початку літа.

Взимку необхідно залишати шерсть, щоб тварини не переохолоджувалися, тоді як у літній період – запобігати перегріванню, своєчасно видаляючи вовняний покрив. Пропуск сезонної стрижки призводить до забруднення вовни та зниження її товарної якості.

**Підготовка тварин.** Раціон тварин безпосередньо впливає на якість вовни. Вівці з достатнім рівнем годівлі формують м'яке, пружне й еластичне волокно. Приблизно за місяць до основної стрижки рекомендується провести попередню, підчищувальну, знімаючи верхній забруднений шар вовни на кілька міліметрів або обстригаючи найбільш забруднені ділянки ззаду тварини. Це полегшує подальшу обробку і знижує зношення ножів машинки.

Перед процедурою тварину фіксують за допомогою спеціальної стійки або у станку, що запобігає травматизму. Недосвідченим стригалям не варто проводити процедуру без додаткової допомоги.

**Технологія виконання стрижки.** Перед початком процедури тварину очищають від бруду. Овечку розміщують спиною до оператора. Починають зі зняття вовни з внутрішніх частин живота стегон, біля хвоста, лап і вимені. Далі стрижуть від задніх до передніх кінцівок, поступово переходячи з боку до шиї та голови. Завершують процедуру зістригуючи інший бік з шиї і спини до нижніх кінцівок.

Після стрижки перевіряють шкіру тварини, підрізають копита та

обробляють можливі подряпини антисептиком.

**Обробка та зберігання вовни.** Пострижену вовну очищають, формують у купи й пакують у мішки. Найціннішим вважається волокно, зняте зі спини, шиї та боків тварини. Його рекомендується зберігати окремо для подальшої селекції або реалізації за вищою ціною.

Зберігати сировину перед відправкою на переробку слід у сухому, добре вентиляваному приміщенні.



УДК 629.331:629.017

## **ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ ФІЛЬТРІВ ПОВІТРЯНИХ СИСТЕМ КАБІН КОРМОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН**

**Ружи́ло З.В.**, к.т.н., доц., [ruzhylo@nubip.edu.ua](mailto:ruzhylo@nubip.edu.ua),

**Новицький Ю.А.**, аспірант, [novickii\\_yurka@ukr.net](mailto:novickii_yurka@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

У сучасному аграрному виробництві підвищення рівня комфорту, безпеки та ефективності праці операторів машин є одним із ключових завдань технічної експлуатації [1]. Під час роботи кормозбиральних комбайнів оператори перебувають у середовищі з високою концентрацією пилу, часток рослин, залишків ґрунту та парів засобів захисту рослин, що створює значне навантаження на систему вентиляції та фільтрації повітря в кабіні. Саме тому технічний стан і своєчасне обслуговування фільтрів очищення повітря безпосередньо впливають на умови праці, працездатність персоналу та довговічність обладнання [2]. Ефективна система фільтрації сприяє підтриманню нормативних показників мікроклімату, запобігає потраплянню шкідливих речовин у повітря кабіни та зменшує ризик виходу з ладу електронних систем керування. Зростання інтенсивності експлуатації сучасних комбайнів, збільшення сезонного навантаження та робота у запиленних умовах вимагають впровадження удосконалених фільтраційних матеріалів і технологій контролю їхнього стану. Тому актуальним є дослідження особливостей використання, періодичності обслуговування та критеріїв граничного стану фільтрів повітря кабіни кормозбиральних

комбайнів, що забезпечують стабільність їх роботи, безпеку експлуатації та зменшення витрат на проведення ремонтно-обслуговуючих робіт [3].

Метою дослідження є узагальнення особливостей експлуатації та обслуговування фільтрів очищення повітря кабін кормозбиральних комбайнів, визначення чинників, що впливають на їх довговічність і періодичність заміни, а також встановлення критеріїв граничного стану.

Фільтри очищення повітря в кабінах транспортно-технологічних машин, включаючи кормозбиральні комбайни, виконують важливу функцію – забезпечують чистоту повітря, комфорт і безпеку умов праці оператора, а також збереження справності систем кондиціонування та обладнання [4, 5].

До основних типів фільтрів належать: попередні (грубої очистки), основні (тонкої очистки) та фільтри з активованим вугіллям. Фільтри грубої очистки затримують великі частинки пилу, насіння, частини рослин і пух, а фільтри тонкої очистки – дрібнодисперсний пил, який утворюється під час роботи комбайна на полі. Вугільні фільтри додатково нейтралізують запахи, пари добрив та засобів захисту рослин. Періодичність технічного обслуговування фільтрів визначається умовами експлуатації, типом комбайна та рекомендаціями виробників [6, 7]. Для машин серії CLAAS JAGUAR рекомендовано перевіряти стан фільтрів кабіни через кожні 50 мото-год. і проводити їх заміну після 250–300 мото-год. роботи або не рідше одного разу за сезон. Для комбайнів John Deere 8000 Series перевірка здійснюється кожні 10 днів роботи, а заміна – після 200 мото-год. у стандартних умовах або через 100 мото-год. при роботі на сильно запилених ділянках. Для моделей Fendt Katana рекомендовано перевіряти повітряні фільтри під час щоденного технічного огляду і замінювати їх через кожні 150–200 мото-год. роботи.

Практичне використання комбайнів показує, що в умовах інтенсивного збирання кормових культур (силосної кукурудзи, люцерни, злакових сумішей) фільтри забруднюються значно швидше. У такому випадку доцільно проводити їх очистку або заміну частіше – кожні 100 мото-год. У разі наявності на кабіні двоступеневої системи фільтрації спочатку очищується або замінюється попередній фільтр, а основний – за необхідності. При обслуговуванні фільтрів забороняється продування стисненим повітрям, оскільки це може пошкодити волокнисту структуру фільтрувального матеріалу, що призведе до зменшення ефективності очищення. Замість цього виробники рекомендують проводити візуальний

огляд фільтра та легке очищення м'якою щіткою або заміну при появі ознак пошкодження.

Приклади практичного обслуговування свідчать, що в сервісних центрах CLAAS рекомендується мати комплект запасних фільтрів на кожную машину для оперативної заміни в польових умовах. Компанія John Deere пропонує спеціальні набори фільтрів кабіни та кондиціонера для сезонного технічного обслуговування, що забезпечують одночасну заміну всіх елементів системи вентиляції. Фірма Fendt у своїх сервісних рекомендаціях зазначає, що заміна фільтра кабіни має здійснюватися не рідше одного разу на сезон незалежно від напрацювання, оскільки підвищена вологість і запиленість призводять до біологічного забруднення фільтрувального матеріалу.

Перспективним напрямом удосконалення систем очищення повітря є впровадження фільтрів нового покоління з електретним покриттям, яке підвищує ефективність уловлювання пилу без збільшення опору потоку повітря. Також актуальним є використання сенсорів контролю ступеня забруднення та розроблення стратегій резервування систем фільтрації для підвищення надійності техніки [8]. Перспективним напрямом досліджень є використання логіко-ймовірнісного моделювання для встановлення ймовірності виникнення відмов [9].

Своєчасне обслуговування фільтрів очищення повітря забезпечує стабільну роботу систем вентиляції, знижує ризик перегріву обладнання, підвищує довговічність вузлів і створює безпечні умови праці оператора під час тривалого перебування в кабіні комбайна.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Продеус О.В., Новицький А. В., Ружило З. В. «Лідерство в сфері фільтрації» – ефективний напрям забезпечення надійності техніки. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції. Кропивницький: ЦНТУ, 2017. С. 255–256.

2. Novytskyi A., Karabyņiņš S., Ruzhylo Z., Novytskyi Y. Air filters for vehicle interiors. *Agroexpert*, №2, 2018. Agrar Media Ukraine LLC. С. p.82

3. Novytskyi A. V., Bannyi O. O. Statistical analysis of functioning of repair service of Ukraine. (2021). *Machinery and Energetics*, 12 (2), pp. 39–47.

4. Kerner M., Schmidt K., Schumacher S., Asbach C., Antonyuk S. Electret Filters – From the Influence of Discharging Methods to Optimization Potential. *Atmosphere*, 2021, 12(1), 65. DOI: 10.3390/atmos12010065.

5. Molnar G., Ahrens K., Wegener J. K., Dittmar S., Peter E., Martin S., Schäckermann J., Röver M. Operator exposure and cabin protection in plant protection product application. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 2025, 20(1), 63–79. DOI: 10.1007/s00003-024-01531-7.

6. CLAAS. Jaguar 900 Series Forage Harvester – Operating Instructions. Harsewinkel: CLAAS KGaA mbH, 2023.

7. Fendt. Katana Forage Harvester Service Manual. Marktoberdorf: AGCO GmbH, 2023.

8. Novitskyi Yu. Ensuring the reliability of filtration systems for transport and processing machines by redundancy. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 2024, 20(4),

9. Novitskiy, A., Banniy, O., & Novitskyi, Yu. (2023). Logical-probabilistic model of the reliability of means for preparing and distributing fodder. *Machinery & Energetics*, 14(1). pp. 57–67.



УДК 631.3:636.085.52

## ОЦІНКА ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ І РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ РІЗАКА ДЛЯ СИЛОСНОЇ МАСИ

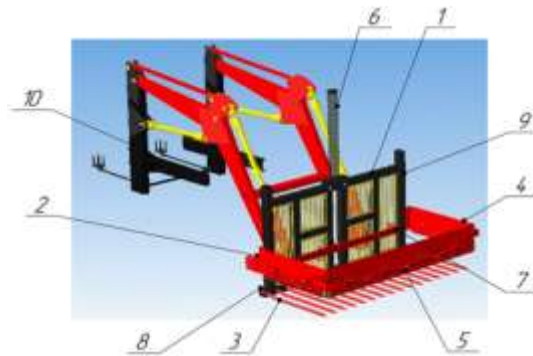
**Руткевич В.С.**, к.т.н., доцент, [v\\_rut@ukr.net](mailto:v_rut@ukr.net)  
*Вінницький національний аграрний університет*

**Вступ.** Раціональна механізація процесу вивантаження силосної маси є важливою складовою підвищення ефективності заготівлі та використання стеблових кормів у тваринництві. Традиційні конструкції ріжучих механізмів не завжди забезпечують необхідну продуктивність і якість подрібнення, особливо під час роботи з щільно ущільненими кормами у траншеях. Тому актуальним є дослідження впливу конструктивних і режимних параметрів ризака на його продуктивність та обґрунтування шляхів підвищення ефективності блочно-порційного вивантаження силосної маси.

**Мета дослідження.** Встановлення впливу конструктивних і

режимних параметрів на продуктивність різача для силосної маси та обґрунтування шляхів підвищення ефективності процесу блочно-порційного вивантаження силосної маси із траншейних сховищ.

**Результати дослідження.** Принципову конструктивну-технологічну схему різача для силосної маси показано на рис. 1. Різак для силосної маси складається з вертикальної рами 1, на нижньому брусі 8 якої закріплено вила 3, також на рамі розміщено П – подібну рамку 4 з ріжучими ножами у нижній частині, вертикальне переміщення якої здійснюється за допомогою гідроциліндра 6 двосторонньої дії, а відокремлення стеблового корму корму від моноліту у вертикальній площині здійснюється різальним механізмом 5 з приводом від гідромотора 2. Вирізний механізм різача розміщується на стрілі фронтального навантажувача на базі трактора МТЗ-82 [1].



- 1 – вертикальна рама, 2 – гідромотор, 3 – вила, 4 – П-подібна рамка,  
5 – різальний механізм, 6 – гідроциліндр, 7 – поперечна тяга,  
8 – нижній брус, 9 – направляючі, 10 – стріла

Рисунок 1 – Різак для силосної маси

Одна з основних вимог до різачів силосної маси з траншейних сховищ – максимальна продуктивність при мінімальних енерговитратах [1, 2]. Теоретична продуктивність навантаження силосної маси за одиницю часу за умови безперервної роботи різача і при максимальному використанні його технічних параметрів визначається виразом:

$$Q = 3,6m_{\sigma} / t_{\text{ц}}, \quad (1)$$

де  $m_{\sigma}$  – номінальна маса блоку, кг;

$t_{\text{ц}}$  – тривалість навантажувального циклу, с.

Маса кормового блоку визначається за виразом:

$$m_{\bar{o}} = V_{\bar{o}} \rho k_o, \quad (2)$$

де  $V_{\bar{o}}$  – теоретичний об'єм блоку, м<sup>3</sup>;  $\rho$  – середня щільність корму, кг/м<sup>3</sup>;  
 $k_o$  – коефіцієнт використання теоретичного об'єму.

При відділенні блоку від основного силосного масиву щільність в ньому практично не змінюється, тому значення щільності корму в блоці приймаємо рівним значенню щільності масиву. Оскільки другий і наступні блоки за пропонованою технологією відрізаються тільки з двох сторін, вони формуються усіченими з одного боку. У зв'язку з цим введено коефіцієнт використання теоретичного об'єму  $k_o$ . Він пояснює зменшення об'єму блоку в порівнянні з теоретичним і пов'язаний із зменшенням площі блоку по основі.

Розглядаючи блок корму, як прямокутну призму, коефіцієнт  $k_o$  можна виразити відношення:

$$k_o = 1 - \frac{\Delta A}{A_m}, \quad (3)$$

де  $\Delta A$  – площа зони перекриття, м<sup>2</sup>;

$A_m$  – теоретична площа основи призми, м<sup>2</sup>.

Виразивши площу основи призми  $A_m$  через довжину  $a$  і ширину  $b$  (рис. 2), а площу зони перекриття  $\Delta A$  як площу трикутника, отримаємо:

$$k_o = 1 - \frac{\Delta a}{2a}, \quad (4)$$

де  $\Delta a$  – основа зони перекриття, м.

Тривалість навантажувального циклу різача силосної маси визначається за виразом:

$$t_{\text{ц}} = t_n + t_{\bar{o}} + t_{om} + t_{\text{рв}}, \quad (5)$$

де  $t_n$  – час, що витрачається на під'їзд різача до кормового масиву, орієнтацію вил в горизонтальній площині і їх впровадження, с;

$t_{\bar{o}}$  – час, що витрачається на вирізання блоку корму, с;

$t_{om}$  – час, що витрачається на відрив блок-порції по основі і підйом стріли, с;

$t_{\text{рв}}$  – час під'їзду різача до транспортного засобу і розвантаження вил, с.

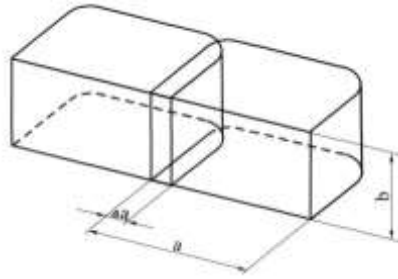


Рисунок 2 – Схема для визначення об’єму блок-порції силосної маси

Аналізуючи баланс часу навантажувального циклу, приходимо до висновку, що складова  $t_e$  найбільш тривала. Вона в основному і визначає продуктивність різача. Отже, продуктивність різача силосної маси збільшиться, якщо значення  $t_e$  зменшиться.

Час на вирізання блоку визначається за виразом:

$$t_e = \frac{(a+b)}{v_n} k_p, \quad (6)$$

де  $v_n$  – швидкість подачі ножа, м/с;

$k_p$  – коефіцієнт траєкторії різання.

Значення коефіцієнта  $k_p$  менше 1, так як технологією передбачено вирізати блок-порцію корму лише з двох сторін.

З урахуванням того, що тільки перший блок на початку ряду  $z$  відрізається по теоретичному параметру  $(a+2b)$ , інші  $(z-1)$  блоки відрізаються по  $(a+b)$ , коефіцієнт  $k_p$  визначається за виразом:

$$k_p = \frac{(a+b)(z-1) + (a+2b)}{(a+2b)z}, \quad (7)$$

Після перетворення виразу (1) продуктивність різача для вивантаження силосної маси визначається за виразом:

$$Q = \frac{3,6V_0 \rho k_0}{t_n + t_{om} + t_p + \frac{k(a+b)}{v_n}}. \quad (8)$$

Вираз (8) враховує геометричні параметри робочого органу різача для силосної маси та фізико-механічні властивості вантажу.

Залежність продуктивності різача для силосу від режимних параметрів і фізико-механічних властивостей силосної маси представлено на рис. 3.

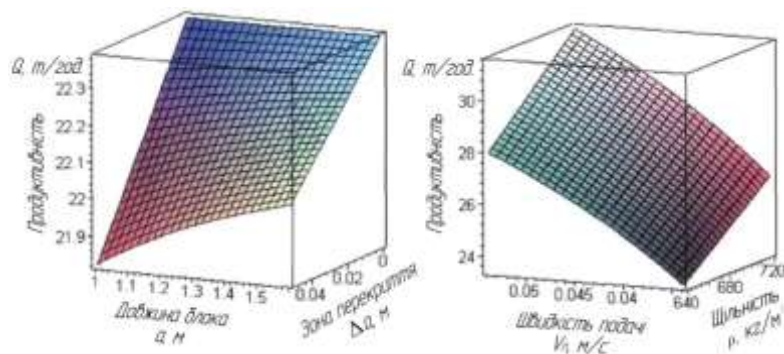


Рисунок 3 – Залежність продуктивності різачка для силосної маси від режимних параметрів і фізико-механічних властивостей стеблового корму

**Висновки.** Проведені дослідження дозволили встановити вплив основних конструктивних і режимних параметрів на продуктивність різачка для силосної маси. Запропонована конструктивно-технологічна схема забезпечує підвищення ефективності процесу блочно-порційного вивантаження силосної маси із траншейних сховищ. Отримані теоретичні залежності дають можливість оптимізувати роботу різачка з урахуванням геометрії робочого органу, властивостей корму та режимів різання, що сприяє підвищенню якості і продуктивності вивантаження.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Kuzmenko V.F., Veselovska N.R., Rutkevych V.S., Shargorodskiy S.A., Kholodiuk O. V. Modeling of an adaptive hydraulic drive system for the cutting mechanism of a stem feed loader. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. 2025. Vol. 12(2), pp. F1–F11.
2. Shargorodskiy S., Rutkevych V., Kupchuk I., Hraniak V., Didyk A. Investigation of drive power of the mechanism for separation of stem feed from feed monolith. *Agricultural engineering*. 2022. Vol. 54. P. 27–38.



УДК 621.431.73:620.91:631.372

## **ДВОФАЗНЕ СУМІШОУТВОРЕННЯ В ДИЗЕЛІ ЯК СПОСІБ ПОЛІПШЕННЯ ТЕХНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАКТОРА**

**Савченко В.М.**, к.т.н., доцент, **Диняк О.В.** здобувач освіти,  
**Заруцький С.О.** здобувач освіти, [dgs-ua@ukr.net](mailto:dgs-ua@ukr.net)  
*Поліський національний університет, м. Житомир*

Спосіб двофазного сумішоутворення спочатку застосовували у 1930–1940-х роках для форсування авіаційних, суднових та танкових дизелів. Згодом цей спосіб почали розглядати як перспективний метод підвищення експлуатаційних показників автотракторної, у тому числі сільськогосподарської техніки. Як активатор, що подається на першій фазі сумішоутворення, може використовуватися як традиційне дизельне паливо, так і інші види моторних палив (бензин, гас тощо), у тому числі альтернативні палива, а також будь-які інші легколеткі рідкі вуглеводні.

У роботі [1] проводилися дослідження суднових дизельних двигунів із вихровою та з нерозділеною камерами згоряння (КЗ). На першій фазі сумішоутворення подавалося 20 % дизельного палива від величини загальної циклової подачі. У результаті проведених досліджень було встановлено, що дизелі з двофазним сумішоутворенням розвивають у середньому на 10 % більшу ефективну потужність порівняно з серійним дизелем. Середній індикаторний тиск у дизеля з вихровою КЗ збільшився на 6,4 %, а в дизеля з нерозділеною КЗ – на 2,2 %. Питома ефективна витрата палива у дизеля з вихровою КЗ зменшилася на 2,9 %, а у дизеля з нерозділеною КЗ – на 1,35 %. Також відзначається зниження коефіцієнта надлишку повітря.

Найбільш відомим і поширеним активатором для подачі в дизель на першій фазі сумішоутворення є автомобільний бензин, який являє собою найлеткішу нафтопродуктову фракцію і таким чином за своєю випаровуваністю займає проміжне положення між газом і рідиною. Це створює сприятливі передумови для форсування дизеля за рахунок підготовки робочої суміші до займання та прискорення передпламневих реакцій. У дослідженнях різних авторів зазначається підвищення ефективної потужності до 30 %, зниження питомої ефективної витрати

палива до 6 %, зменшення вмісту викидів оксидів азоту на 22–35 %. Проте на деяких експлуатаційних режимах можуть виникати і негативні явища, такі як підвищення температури відпрацьованих газів на 65–75 °С, температури деталей циліндро-поршневої групи на 10 °С, тобто виникає небезпека перегріву двигуна. Крім того, збільшення тепловиділення у початкових фазах згоряння може спричинити підвищення «жорсткості» роботи дизеля. Тому в умовах жаркого клімату дозу бензину при двофазному сумішоутворенні бажано обмежувати на рівні не більше ніж 10 % від основної дози палива.

Для усунення перегріву двигуна та інших негативних явищ разом із бензином у першій фазі сумішоутворення подавали водний активатор. При цьому спостерігалось підвищення ефективної потужності на 14 % і зниження викидів оксидів азоту у 1,4 раза. Альтернативні види моторних палив на основі рослинних олій також можуть використовуватися як активатори при двофазному сумішоутворенні. Так, було проведено дослідження дизеля Д-243 із двофазним сумішоутворенням і подачею ріпакової олії. Дози ріпакової олії становили 5 % і 10 % від основної дози дизельного палива, причому цей активатор подавали як при нормативній подачі основної дози палива, так і при заниженій на 10 %. При заниженій подачі палива та 5 %-ній дозі ріпакової олії спостерігалось зниження потужності дизеля на 7 %, а при збільшенні дози олії до 10 % зниження потужності не відбувалося.

При нормативній подачі основної дози палива та 5 %-ній дозі олії було досягнуто підвищення потужності на 5 %. За всіх співвідношень палива та активатора спостерігалось зниження вмісту оксидів азоту, яке становило близько 6 %. Димність відпрацьованих газів зменшувалася при заниженій подачі основної дози палива і дещо збільшувалася при нормативній подачі. Також у всіх варіантах двофазного сумішоутворення дещо зросли викиди оксиду вуглецю (СО).

За кордоном пріоритетним напрямом є поліпшення екологічних показників поршневих ДВЗ тракторів і автомобілів. У цьому аспекті як активатори найбільший інтерес становлять спирти (етанол і метанол). Переважна частина досліджень дизелів із двофазним сумішоутворенням, що проводяться у провідних країнах світу (Китай, Велика Британія, США та ін.), присвячена використанню саме цих активаторів. Найбільш доступним за собівартістю є метанол, який може бути виготовлений практично з будь-якої органічної сировини.

У більшості випадків двофазне сумішоутворення з подачею спиртових активаторів сприяє підвищенню ефективного ККД при високих навантаженнях дизеля та його зниженню – при малих навантаженнях. Це супроводжується зменшенням вмісту в ОГ оксидів азоту та димності, водночас може спостерігатися збільшення викидів оксиду вуглецю та вуглеводнів [1].

Доза активатора в розглянутих роботах варіюється у широких межах – від 10 % до 90 %, при цьому відсутні науково обґрунтовані рекомендації щодо вибору раціональних доз активаторів.

За кордоном також уже давно й успішно як альтернативні палива для ДВЗ із іскровим запалюванням застосовуються спирто-бензинові змішані палива (бензаноли). Ці палива становлять інтерес як активатори для двофазного сумішоутворення в дизелях. Проте відомості про подібні дослідження у вітчизняній і зарубіжній науково-технічній літературі практично відсутні.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Zhang W. A review on performance, combustion and emission of diesel–alcohol dual-fuel engines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 116. October 2024. 101760. URL: <https://doi.org/10.1016/j.joei.2024.101760>.



УДК 631.147:662.756.3:636.085

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ФРАКЦІОНУВАННЯ ЛИСТЕСТЕБЛОВОЇ МАСИ ЯК БАЗА ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА Й ЕНЕРГЕТИКИ

Сімаков Олег

*Вінницький національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** У сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу України одним із ключових завдань є забезпечення стабільної та якісної сировинної бази для тваринництва й енергетики. Значний обсяг побічної продукції рослинництва, зокрема

листочестеблова маса зернових і технічних культур, серед якої важливе місце займає листочестеблова маса кукурудзи, соняшнику, сої, ріпаку та інших культур, часто використовується нераціонально або взагалі залишається у полі. Це призводить до втрати цінних поживних речовин і органічної сировини, які можуть бути ефективно використані в господарстві.

**Аналіз останніх досліджень.** Останні дослідження показують: фракціонування листочестеблової маси підвищує кормову цінність (збільшує протеїн, зменшує клітковину), оптимізує коефіцієнт конверсії у біогазі, підвищує енергоефективність обробки та відновлюваність ресурсів.

**Мета досліджень.** Фракціонування листочестеблової маси відкриває перспективи для отримання якісних кормів, біоенергетичної сировини та органічних добрив.

**Результати досліджень.** Технологічна сутність процесу полягає у розділенні подрібненої рослинної маси на окремі фракції (листя, стебла, дрібні частини), що дає можливість цілеспрямовано використовувати їх залежно від хімічного складу та кінцевого призначення.

Світовий досвід свідчить, що фракціонування є важливим етапом у підвищенні ефективності використання рослинних решток: у ЄС впроваджуються технології Green Biorefinery, що базуються на переробці зеленої біомаси з отриманням кормових білкових концентратів та енергії, в Україні активно досліджується використання побічної продукції рослинництва як субстрату для біогазових установок [1; 2].

За даними [3] потенціал біомаси в Україні становить понад 25 млн т щороку, з яких близько 40 % припадає саме на листочестеблову масу.

Щороку в Україні утворюється понад 50 млн т побічної продукції рослинництва, зокрема соломи, кукурудзяних стебел та соняшникового лушпиння [8].

Листочестеблова маса має неоднорідний склад:

- листки містять протеїн, каротиноїди та мінерали;
- стебла багаті на целюлозу й лігнін, що робить їх придатними для біоенергетики;
- дрібні частини мають підвищений вміст цукрів, корисних для силосування чи біогазу. Сучасні дослідження [5; 6] демонструють, що технології глибокого фракціонування дозволяють виділяти не лише базові кормові компоненти, а й хімічні платформи для виробництва біопластиків і біопалива. Склад листочестеблової маси можна описати рівнянням:

$$M = P + C + L + A + W$$

де  $M$  – маса сухої речовини, %,

$P$  – протеїн, %,

$C$  – клітковина, %,

$L$  – лігнін, %,

$A$  – зола, %,

$W$  – волога, %.

Використовуючи власні дослідження склад листостеблової маси хочемо зобразити у вигляді діаграми на рис. 1.

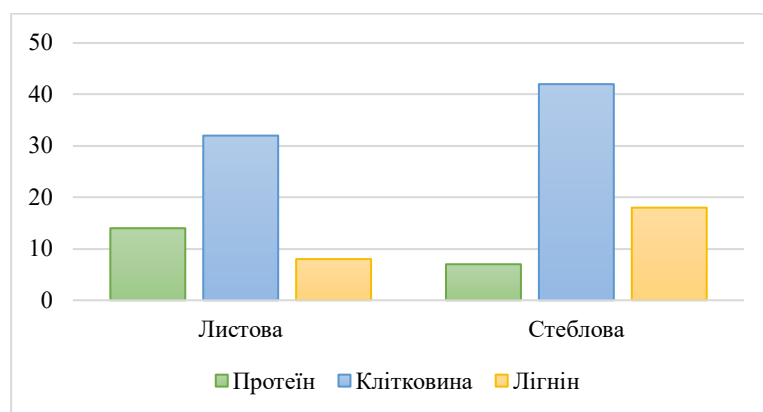


Рисунок 1 – Порівняння складу листової та стеблової фракції

Також, досліджуючи всі перспективи використання листостеблової маси важливу роль вона відіграє у біоенергетиці, адже має при правильній переробці достатньо великий біогазовий вихід (рис 2.) [9].

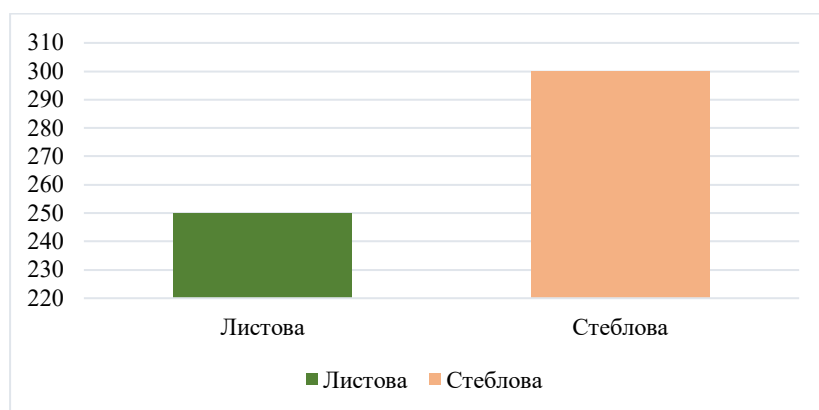


Рисунок 2 – Біогазовий вихід фракцій листестеблової маси (м³/т СР)

Розвиток фракціонування листостеблової маси та його дослідження, вдосконалення, відкриє перспективу створення замкнених біоекономічних циклів у сільському господарстві України. Воно є джерелом сировини для

кормової бази, листова фракція після подрібнення та силосування може застосовуватись як білково-клітковинна добавка у раціонах ВРХ, фракціонування дозволяє підвищити вміст перетравного протеїну на 20–25 % та фактично: листові фракції містять значно більше сирого протеїну і менше клітковини, ніж стеблові; це підтверджується численними дослідженнями на люцерні та інших кормових рослинах, де листи мають у 1.5–3 рази вищий вміст протеїну та кращу засвоюваність. Тому використання листової фракції дозволить отримувати більше якісного корму. Ось приклад лінійної діаграми, що відображає кормову цінність різних фракцій листостеблової маси (листова, стеблова, змішана) за основними показниками: сирій протеїн, клітковина та обмінна енергія.

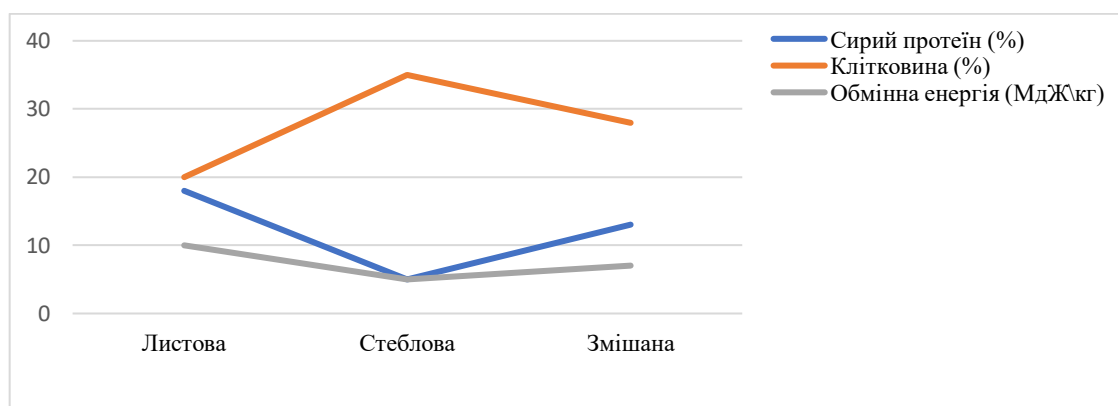


Рисунок 3 – Кормова цінність фракції листостеблової маси

Оптимальним є комбінований підхід:

- 60 % листової фракції – у кормові цілі;
- 40 % стеблової фракції – на біоенергетику.

**Висновок.** Для України актуально поєднувати кормове та енергетичне використання, що відповідає принципам біоекономіки та дає змогу виходити на більш економічно вигідне використання аграрної продукції.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на удосконалення конструктивно-технологічних параметрів обладнання для фракціонування та інтеграцію цих процесів у біоекономіку.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Куліш М. І. Технологічні аспекти використання побічної продукції рослинництва в біоенергетиці // Наукові праці Уманського НУС. – 2021. – № 98. – С. 45–52.

2. Стеценко В. П. Перспективи біоенергетики в аграрному секторі України // Біоенергетика. – 2023. – Т. 27, № 3. – С. 11–19.
3. FAO. The future of food and agriculture – Drivers and triggers for transformation. – Rome : FAO, 2022. – 186 p.
4. Ivanova O., Petrenko L. Fractionation of agricultural residues for bioenergy and feed applications // Renewable Energy. – 2020. – Vol. 162. – P. 1121–1130.
5. Zhang Y., Liu H. Advances in lignocellulosic biomass fractionation and utilization // Bioresource Technology. – 2021. – Vol. 341. – P. 125–133.
6. Johnson R., Müller T. Biorefinery concepts for sustainable agriculture: a review // Journal of Cleaner Production. – 2024. – Vol. 413. – P. 137–152.
7. Biomass fractionation techniques impact on antioxidant properties of lignins // Separation and Purification Technology. – 2024. – Vol. 330.
8. Tryboi O., Zheliezna T., Drahnev S. Plant biomass feedstock for biofuels production in Ukraine // Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology. – 2023.
9. Куличкова Г. І., Іванова Т. С., Кьоттнер М., Володько О. І., Співак С. І., Циганков С. П., Блюм Я. Б. Plant Feedstocks and their Biogas Production Potentials // The Open Agriculture Journal. – 2020. – Vol. 14, No. 1. – P. 219–234.



УДК 631:878:631.811

## **НОВІ ПІДХОДИ ДО ВИРОБНИЦТВА ГРАНУЛЬОВАНИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА**

**Скляр О.Г.**, к.т.н.; **Скляр Р.В.**, к.т.н., [radmila.skliar@tsatu.edu.ua](mailto:radmila.skliar@tsatu.edu.ua)  
*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Світова тенденція до органічного землеробства та циркулярної економіки вимагає від агропромислового комплексу України перегляду підходів до використання ресурсів та управління відходами [1]. Застосування хімічно синтезованих мінеральних добрив та пестицидів

викликає занепокоєння щодо якості ґрунтів та екологічності харчової продукції. У зв'язку з цим, критично важливим стає пошук та впровадження нових типів добрив, які поєднують високу ефективність з екологічною безпекою.

На особливу увагу заслуговує розробка органо-мінеральних добрив пролонгованої дії (ОМД). Ці добрива формуються із збалансованого співвідношення органічного матеріалу, природних мінералів та біологічно активних сполук, забезпечуючи рослини необхідними поживними речовинами протягом усього вегетаційного періоду [2].

В основі технології лежить принцип замкненого циклу та комплексної енергетичної рекуперації [3, 4]:

1. Біологічна переробка: рідкі органічні відходи піддаються анаеробній ферментації у біогазовому реакторі.
2. Генерація енергії: у процесі ферментації виробляється біогаз. Це є ключовим енергозберігаючим аспектом, оскільки отриманий біогаз використовується як паливо для термічних процесів, зокрема для сушіння та гранулювання.
3. Формування ОМД: після реактора органічна маса поєднується з дозованими мінеральними компонентами у збірнику пульпи для забезпечення заданого співвідношення поживних речовин (NPK) відповідно до потреб конкретної культури та ґрунту.

Запропонована схема є енергозберігаючою завдяки багаторівневій утилізації тепла відпрацьованих газів [4, 5]:

- самозабезпечення теплом: біогаз, що виробляється, забезпечує теплом термічний блок та обігрів біогазового реактора через рекуператор.
- рекуперація вихлопних газів:
  - вихлопні гази після термічного очищення попередньо нагрівають чисте атмосферне повітря у теплообміннику, яке подається у гранулятор для сушіння;
  - залишкова теплота газів утилізується в рекуператорі для нагрівання води, яка використовується для обігріву біореактора та потреб ферми;
  - практичний висновок: завдяки цій схемі, до 70 % теплової енергії, що використовується для сушіння та очищення, повертається у процес або йде на потреби комплексу, що знижує залежність від зовнішніх енергоносіїв.

Головною перевагою є повне вирішення проблеми утилізації рідких

відходів та мінімізація шкідливих викидів:

- технологічні потоки є замкненими, що забезпечує повну відсутність скидання рідких стоків у навколишнє середовище;
- термічне очищення вихлопних газів: відпрацьоване повітря після сушіння проходить двоступеневе очищення: механічне очищення від пилу у циклоні та термічне очищення у печі при температурі не нижче 700<sup>0</sup>С.

Це забезпечує деструкцію небезпечних і шкідливих речовин та неприємних запахів, включаючи аміак, сірководень, меркаптани та оксиди вуглецю, які є типовими забруднювачами на тваринницьких комплексах.

Впровадження цієї технології дозволяє тваринницьким комплексам повністю відповідати сучасним європейським екологічним нормам щодо поводження з відходами та якості атмосферних викидів [4].

Виробництво гранульованих органо-мінеральних добрив (ГОМД) на місці має значний економічний ефект [4, 5]:

- місцева сировина, місцеві добрива: відпадає необхідність транспортувати рідкі відходи та значно знижуються витрати на перевезення готових добрив на поля.
- готові гранульовані добрива (розмір 2-3 мм) повністю адаптовані для внесення існуючою сільгосптехнікою.

Можливість виробництва добрив із заданим співвідношенням поживних речовин під конкретну культуру забезпечує принципи точного землеробства, підвищуючи ефективність живлення рослин та зменшуючи непродуктивні витрати.

**Висновки.** Розроблена енергозберігаюча технологія є ефективним інструментом для виробництва високоякісних гранульованих органо-мінеральних добрив пролонгованої дії на базі рідких відходів тваринництва.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
2. Григоренко С.М. Адаптивні методи утилізації відходів птахівництва. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь, 2021. Вип. 11, том 1.
3. Скляр О.Г. Обґрунтування факторів, що впливають на процес компостування. *Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: IX Міжнародна науково-технічна конференція*. Глеваха-Київ. 2020. С. 143.
4. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Біоконверсні технології прискореної

переробки відходів тваринництва в екологічно безпечні добрива. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 2. №3. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-3.

5. Скляр Р. В., Комар А. С. Огляд методів дослідження та оптимізації машинних технологій утилізації відходів тваринництва. *Науковий вісник ТДАТУ*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 13, том 2. № 9.



УДК 338.432

## **ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ: ВІД УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ДО ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ АПК**

**Скляр О.Г.**, к.т.н.; **Скляр Р.В.**, к.т.н., **Акулов В.Д.**, аспірант,  
radmila.skliar@tsatu.edu.ua

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра  
Моторного*

Біоенергетика - використання біомаси для виробництва енергії - є стратегічним рішенням, яке забезпечує замкнений, безвідходний цикл виробництва та сприяє декарбонізації аграрного сектору. Згідно з Енергетичною стратегією України, біомаса має потенціал замінити значні обсяги традиційного палива (до 9,2 млн т у. п. щорічно), що підкреслює її ключову роль у досягненні енергетичної незалежності. Біогазові установки (БГУ) є найбільш універсальним та екологічно виправданим інструментом в біоенергетиці АПК, оскільки вирішують проблему відходів і забезпечують стабільне енергопостачання (базова генерація 24/7), на відміну від сонячної та вітрової енергетики [1].

Виробництво енергії та біометану. Сировинна база: використовуються рідкі відходи тваринництва (гній, послід), силос енергетичних культур (кукурудза на зелену масу), жом цукрових заводів, барда. Біогаз спалюється в когенераційних установках для одночасного виробництва електричної та теплової енергії (тепло може використовуватись для опалення тваринницьких приміщень, теплиць,

сушіння зерна) [2]. Шляхом очищення біогазу від  $\text{CO}_2$  та домішок отримують біометан (метан  $\text{CH}_4$  95-98 %), який є повним аналогом природного газу. Біометан може подаватися безпосередньо в газотранспортну систему України або використовуватися як моторне паливо для агротехніки. Потенціал виробництва біометану в Україні оцінюється мільйонами кубометрів, що робить його перспективним експортним товаром та внутрішнім заміником імпорту [3].

Контрольоване знешкодження органічних відходів у БГУ скорочує викиди метану в атмосферу (метан є парниковим газом у 25 разів потужнішим за  $\text{CO}_2$ ). Паливо, отримане з біомаси, є  $\text{CO}_2$  - нейтральним. Зброджений субстрат (дигестат), що залишається після ферментації, є екологічно чистим, рідким або твердим органічним добривом. Він має гомогенну структуру, позбавлений патогенів та насіння бур'янів, а поживні речовини (особливо азот) знаходяться у легкодоступній для рослин формі, що знижує потребу у хімічних мінеральних добривах [4].

Окрім газової біоенергетики, АПК активно використовує тверді та рідкі форми біопалива. Спалювання спресованих у гранули (пелети) або брикети відходів у автоматизованих котлах забезпечує потреби агропідприємств у тепловій енергії (сушіння зерна, опалення приміщень, технологічні процеси). Це дозволяє повністю замінити природний газ. Біодизель виробляється шляхом переестерифікації рослинних олій (переважно ріпакової). Біодизель є екологічно чистим та біорозкладним, і може використовуватись у більшості сучасних дизельних двигунів (в сумішах або як 100 % паливо, залежно від стандарту) тракторів, комбайнів та вантажного транспорту. Потенціал: переробка 75 % врожаю ріпаку в Україні може забезпечити до 2,0 млн т біодизеля, що є значним кроком до зменшення імпорту дизельного пального. Біоетанол виробляється з цукро- та крохмалевмісної сировини (зерно кукурудзи, цукровий буряк) шляхом спиртового бродіння. Використовується як високооктанова добавка до бензину (E5, E10), що підвищує його якість та знижує викиди.

Інтеграція біоенергетичних технологій створює модель повністю енергонезалежного агропідприємства. Підприємство може одночасно використовувати: БГУ для переробки відходів тваринництва з отриманням стабільної електроенергії, тепла та високоякісних добрив [5]. Твердопаливні котли: для використання поживних залишків та іншої біомаси для забезпечення теплових потреб (зерносушарки, опалення). Виробництво біопалива: для забезпечення власної агротехніки альтернативним рідким

паливом (біодизелем). Зменшення витрат на утилізацію відходів та відмова від придбання імпортованих енергоносіїв (газ, дизель) суттєво знижує собівартість аграрної продукції. Продаж надлишку електроенергії (за «зеленим» тарифом), біометану, поданого у газову мережу, та високоякісних органічних добрив стає додатковим джерелом прибутку.

**Висновки.** Застосування сучасних біоенергетичних технологій в агропромисловому комплексі є стратегічною необхідністю для України. Біогазові комплекси, як основа замкненого циклу, у поєднанні з технологіями виробництва твердого та рідкого біопалива, дозволяють аграрним підприємствам перейти до моделі енергетичної самодостатності, знизити екологічний тиск та підвищити конкурентоспроможність.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Комар А. С. Удосконалення конструкції біогазової установки з рекуперацією теплоти зброженої біомаси. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 3. С. 62-70. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-3-5.

2. Скляр О. Г., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104 – 114. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115.

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

4. Акулов В. Д. Шляхи підвищення енергетичної ефективності біогазової установки. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 2. С. 27-36. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-2-3.

5. Болтянський Б. В. Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 1. С. 89-100. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-6.



УДК 614.8:631.3

## ОСНОВНІ ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ПІД ЧАС РОЗДАВАННЯ КОРМІВ

**Тараненко В.**, студент, **Марчишина Є.**, к.с.г.н., доц.,  
marchyshyna@nubip.edu.ua

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Для забезпечення технологічних процесів приготування і роздавання збалансованих повнораціонних кормосумішей на тваринницьких комплексах використовують як вітчизняні мобільні та стаціонарні роздавачі кормів, так і багатофункціональні імпорتنі машини, які реалізуються на ринку України. Це, насамперед, мобільні кормозмішувачі-роздавачі, які залежно від моделі виконують технологічні операції завантажування, дозування, подрібнювання, змішування компонентів кормосуміші, транспортування і дозоване роздавання її на кормовий стіл тваринам.

У господарствах різних форм власності переважно працюють причіпні кормозмішувачі-роздавачі з горизонтальною та вертикальною системами змішування місткістю від 8 м<sup>3</sup> до 15 м<sup>3</sup>. Необхідно відмітити, що в останні роки все більше застосовують машини з вертикальними змішувально-подрібнювальними шнеками. Застосування у системі змішування двох шнеків дозволило зменшити висоту фермських комбайнів, збільшивши їх місткість, що розширило зону їх застосування у тваринницьких приміщеннях з висотою воріт більше 2,6 м.

Статистичний аналіз причин виробничого травматизму у тваринницькій галузі показує, що значна кількість нещасних випадків порівняно з іншими типами машин та обладнання для тваринництва трапляється під час технічного та технологічного обслуговування роздавачів кормів, зокрема кормороздавачів КТУ-10.

На цих машинах нещасні випадки можуть статися у разі перебування тракториста у зоні обертання незахищеного кожухом карданного валу та у зоні рухомих бітерів кормороздавача. Причиною перебування працівника у зоні обертових деталей є вихід з ладу одного з повздовжніх транспортерів кормороздавача. Через це тракторист залазить у кузов кормороздавача та перекидає корм на інше полотно. За такої ситуації бітери можуть захопити одяг працівника. Захоплення одягу, а далі і кінцівок людини може статися

під час ремонтування ланцюга транспортера, його змазування чи очищення літерів, якщо не вимкнено вал відбирання потужності трактора.

Під час очищення бітерів ноги працівника перебувають на вивантажувальному транспортері. Тому після самовільного запуску кормороздавача працівник може впасти ногами до виходу вивантажувального поперечного транспортера, вдаритися головою об огороження, його руки може затягти між бітерами тощо. І поки спрацює запобіжна муфта від перевантаження, залишається високий ризик травмування працівника з важкими наслідками.

Неогороджений карданний вал кормороздавача може захопити одяг і кінцівки працівника під час ремонтування поперечного транспортера (під час його забивання, обмерзання та пробуксовування) та у разі намагання визначити кількість корму, який залишається у кузові кормороздавача КТУ-10. В останньому випадку тракторист намагається заглянути до кузова через передній борт.

Аналіз нещасних випадків з смертельним наслідком показує наступний розподіл травм щодо дії конструкційних елементів кормороздавачів на працівників: кормовідокремлювальні органи (бітери) – 35,4 %; карданний вал – 21,4 %; бункер та поздовжній транспортер – 9,2 %; ходова частина – 9,2 %; бункер та поперечний транспортер – 4,6 %; зчіпка – 3,1 %; корпус та рама – 4,6 %; падіння з висоти – 12,5 %. Нещасні випадки через вказані технічні причини травматизму багато у чому були обумовлені неухважністю працівників, їх низьким рівнем виконавчої дисципліни, недотриманням вимог охорони праці. Але наявність на кормороздавачах технічних засобів безпеки не дозволила б працівникам зазнати травм.

Наявні захисні огорожі небезпечних місць кормороздавача (храповий механізм привода повздовжніх транспортерів, ланцюгові приводи бітерів та вивантажувального транспортера) конструкційно виконано у вигляді відкидних кожухів з листової сталі. Під час проведення технічного обслуговування механізмів приводів не забезпечено зручність виконання робіт та безпеку працівників.

На захисних огорожах (кожухах) відсутні ручки для їх відкривання та закривання, а наявність гострих крайок часто спричиняє поранення рук працівника. Використані на кормороздавачі суцільні огорожувальні кожухи не дозволяють працівнику спостерігати за роботою механізмів приводу та проводити технічне обслуговування, не відкриваючи їх. Під час відкривання кожухів доводиться користуватися ключем, адже гайки

схоплює іржа. Причинами частотої відсутності захисного огороження карданного вала є велика маса карданного вала разом з захисним огороженням, відсутність герметичності захисних телескопічних труб від потрапляння у їх порожнини землі та кормової маси. До того ж вказані чинники призводять до ускладнення агрегування кормороздавача з трактором.

Захисні огороження приводу бітерів і поперечного транспортера не встановлюють на місце через те, що часто доводиться натягувати ланцюги, а фіксування захисного огороження за допомогою гайок є незручним.

Конструкцією кормороздавача не передбачено дистанційного реверсу механізму поздовжніх транспортерів з кабіни трактора. Щоб змінити напрям руху поздовжніх транспортерів, відкинувши кожух потрібно встановити у відповідне положення собачку храпового механізму, для чого доводиться вручну знімати та натягати пружини, застосовуючи значні зусилля. Наявність відкритих зубів храпового колеса, гострих крайок може призвести до травмування рук працівника.

Також часто відсутні написи поблизу робочих органів, що забороняють їх очищати та технічно обслуговувати, якщо двигун трактора не вимкнено. Табличку з кінематичною схемою сектора перемикачності швидкості поздовжніх транспортерів розташовано на зовнішньому боці переднього борта кузова, що створює незручності під час користування нею. Потрібно розмістити її на внутрішньому боці захисного кожуха храпового механізму, а ручку регулятора винести з-під кожуха.

Зниження ризику травматизму на мобільному кормороздавачі може забезпечити ряд організаційних та технічних заходів. Серед них потрібно відмітити: забезпечення надійності ланцюга лівого поздовжнього транспортера; - рівномірний розподіл корму в кузові; автоматичне вимкнення валу відбирання потужності у випадку силового перевантаження чи пошкодження вузлів кормороздавача; забезпечення візуального контролю трактористом за наявністю корму в кузові. На всіх агрегованих з трактором машинах необхідно встановити технологічно надійне огороження обертового карданного валу.

Одним з організаційних заходів для зниження ризику травмування працівників під час механізованого роздавання кормів є використання карти показників безпеки кормороздавача КТУ-10, в якій вказано нормативні показники безпеки машини, запропоновано методи виявлення порушень та зазначено терміни перевірки (табл. 1).

Таблиця 1 – Фрагмент карти контролю показників безпеки мобільного кормороздавача КТУ-10

Найменування вузла машини	Контрольований показник. Нормативні вимоги безпеки	Методи оцінення. Прилади, інструмент. Приладдя.	Періодичність контролю
Карданна передача	Кріплення огороження карданного валу	Зовнішній огляд. Випробування	Щозмінно
Кузов	Відсутність зайвих предметів, наявність захисних щитків привода бітерів	Зовнішній огляд	Щозмінно
Транспортери	Справність та натяг ланцюга (стріла прогину 120-300 мм; зазор між нижньою гілкою і щитком не менше 2 мм)	Вимірювання: лінійка, штангельциркуль	Щомісячно
Привід поперечного транспортера	Зазори між: витками пружини запобіжної муфти; заспокійником і нижніми проймами ланцюга привода поперечного транспортера і ущільнювальними насадками (не менше 2 мм; 5-10 мм; 1-2 мм відповідно)	Вимірювання: лінійка	Щомісячно
Тягово-зчіпний пристрій	Висота сніці над ресорою (330-430 мм). Поворот чотириланковика від середнього положення (на кут 40°)	Вимірювання: лінійка – кутомір. Зовнішній огляд	Щомісячно. Щозмінно
Стоянкове гальмо	Справність робочого і стоянкового гальм; вільний хід гальма (20-30 мм)	Випробування. Вимірювання: лінійка.	Щомісячно. Щозмінно
Ходова частина	Сходження передніх коліс (1,5-3 мм). Стан покриття і тиск у шинах (0,3-0,35 МПа)	Вимірювання: лінійка. Зовнішній огляд	Щомісячно
Електрообладнання	Контактні з'єднання; ізоляція. Система сигналізації.	Зовнішній огляд. Випробування. Тестер	Щозмінно. Щозмінно

Мобільні кормороздавачі повинні відповідати вимогам експлуатаційної документації та мати такі пристрої безпеки: страхувальний ланцюг; захисні кожухи; пристрій для жорсткого фіксування карданного

вала у транспортному положенні; ручний привод гальм із фіксуванням важеля. Мобільні кормороздавачі, які агрегують з тракторами, має бути забезпечено зчіпними пристроями, що не потребують участі в агрегуванні допоміжних працівників.

Стаціонарні механізовані кормороздавачі, розташовані всередині годівниць, повинні забезпечувати очищення годівниць від залишків кормів. Конструкція натяжного пристрою шайбового транспортера доїльних установок має дозволяти його легко і вільно регулювати. Для зниження високих рівнів шуму кожух шайбового кормороздавача зсередини покривають звукопоглинальним матеріалом.

Висота розміщення завантажувальних горловин стаціонарних кормороздавачів від підлоги повинна забезпечувати стикування завантажувачів із роздавачем. Зазор між ними за висотою не повинен перевищувати 0,1 м.

Лінії роздавання кормів, які вмикають із загального пульта керування і розміщені так, що перебувають у віддаленій периферичній зоні зору працівника, а також ті, які обслуговують двоє та більше працівників, повинні бути обладнані передпусковою сигналізацією.

Для зручності очищення і безпеки обслуговування трос-шайбових, шнекових, спіральних-пружинних роздавачів кормів їх конструкція повинна дозволяти реверсування робочих органів у разі забивання їх технологічним матеріалом. Захисні огорожі приводних і натяжних барабанів стрічкових транспортерів мають бути заблоковані з приводом так, щоб під час їх знімання або неправильного встановлення транспортер автоматично вимикався.

Перед початком роботи потрібно старанно оглянути кормороздавальне обладнання, всі його вузли. Під час огляду необхідно перевірити: надійність приєднання заземлювальної шини; справність електромережі, кнопок керування і пускача; наявність захисної огорожі на рухомих елементах стаціонарних кормороздавачів (приводних і натяжних пристроях, ланцюгових передачах, муфтах, які з'єднують електродвигун з редуктором, струмопровідних частинах електричної апаратури тощо), їх міцність і справність; наявність оливи у редукторах і каркасах підшипників; справність вузлів і механізмів кормороздавачів, кріплення з'єднань, натяг ланцюгів, стрічок транспортерів і дозувальних пристроїв.

Якщо натяг ланцюгових передач і скребкового ланцюга ослаблено, то потрібно передачу підтягнути, дотримуючись правил безпеки праці. Під час

натягування ланцюгових передач необхідно стежити, щоб не перекошувався вал натяжної зірочки. Натяг ланцюга потрібно вибирати згідно з інструкцією з експлуатації кормороздавача.

Якщо під час огляду кормороздавачів виявлено несправності, які не можна усунути, потрібно повідомити про це керівника робіт і до їх усунення до роботи не приступати. Після огляду і підготовки транспортер прокручують вручну, а потім короткочасно запускають його на холостому ході. У разі виявлення несправностей транспортер потрібно зупинити, усунути несправності і для контролю вдруге запустити на холостому ході.

Щоб забезпечити велику рогату худобу водою на вигульних майданчиках, використовують водороздавальні пристрої та пересувні автонапувалки. Після їх від'єднання від трактора сніці встановлюють на підставки, а під колеса підкладають підп'ятники.

На колодязях, де улаштовано насоси чи пристрої для механічного піднімання води, встановлюють ляди, які знімають, якщо потрібно піднімати воду з колодязя вручну.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Хмельовський В.С., Марчишина Є.І., Білько Т.О., Мотрич М.М., Скібчик В.І. Охорона праці. К. Центр учбової літератури. 2021. 594 с.
2. Войналович О.В., Марчишина Є.І. Охорона праці у сільському господарстві. К.: ЦУЛ. 2017. 691 с .



УДК: 637.116

## РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ ФОРМУВАЛЬНИХ ВСТАВОК ДЛЯ СЕРІЙНИХ ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ

**Ткач В. В.**, к.т.н., с.н.с., завідувач відділу

vitalii\_tkach@ukr.net, ORCID iD 0000-0003-4198-8396

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН*

Основними технічними передумовами, які сприяють потраплянню хвороботворних бактерій до організму корів та виникненню маститу є

інтенсивний механічний вплив дійкової гуми під час машинного доїння, що обумовлено її конструкційними параметрами, наявність постійного розрідження у піддійковому просторі незалежно від такту роботи доїльного апарату, перекривання молочної протоки в наслідок руху присоска дійкової гуми угору до основи дійки [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

У ІМА АПВ проведено дослідження та розроблено спеціальні формувальні вставки для серійних доїльних апаратів (рис. 1), що встановлюються у зоні стискання дійкової гуми [8, 9]. Вставки формують еліпсоподібний переріз дійкової гуми та усувають негативний ефект стрибкоподібного переходу до такту стиснення. Здійснено порівняльну виробничу перевірку розроблених вставок у складі доїльних установок з стійловим молокопроводом (ДПДГ «Шевченківське» с. П'ятигори; ТОВ «Агробіф» м. Біла Церква; «Великоснітинське навчально-дослідне господарство ім. О.В. Музиченка» с. Велика Снітинка). Використання формувальних вставок сприяє молоковиведенню, забезпечує повноту видоювання без проведення машинного додоювання, підвищує стійкість роботи доїльних апаратів підчас коливання вакуумметричного тиску (відсутнє спадання доїльних апаратів), зафіксовано значне скорочення кількості випадків субклінічного маститу, підвищення середнього надою на 4,2 % та скорочення кількості соматичних клітин на 33 % (рис. 2).

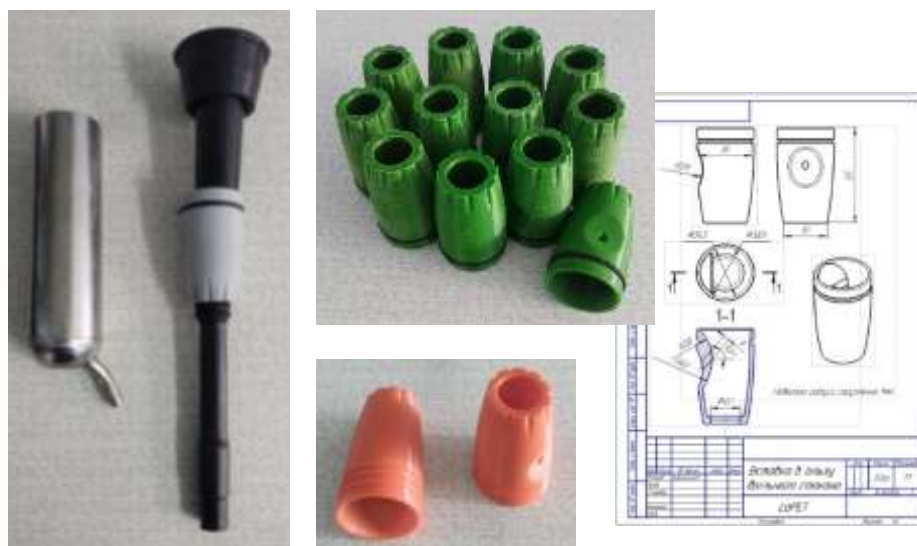
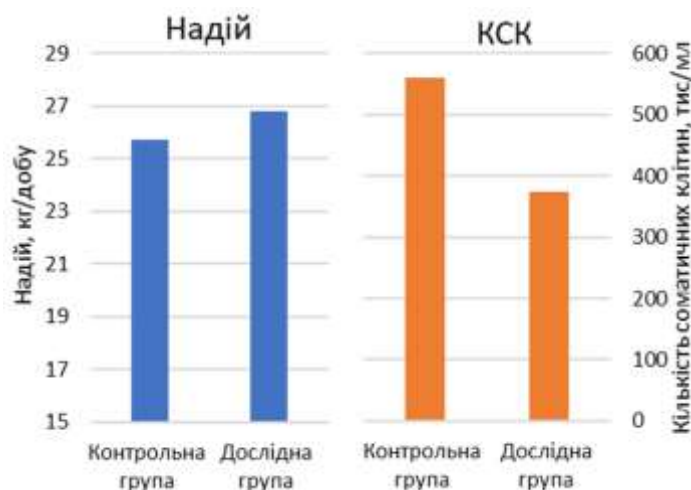


Рисунок 1 – Загальний вигляд формувальних вставок



**Рисунок 2** – Порівняльні показники ефективності використання формувальних вставок для гільз двокамерних доїльних стаканів

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. David E. Gleeson, Edmond J. O’Callaghan, & Myles V. Rath. (2004). Effect of liner design, pulsator setting, and vacuum level on bovine teat tissue changes and milking characteristics as measured by ultrasonography. *Irish Veterinary Journal*, 57 (5), 289–296.
2. D. Forbes, & W. Gehm. (2012). Bacterial migration through teat canal related to liner action. *Wageningen Academic Publishers*, 415–415. Chapter: Udder Health and Communication.
3. Bill Gehm, & L. R. Gehm. (2014). Mastitis: the milking machine as the delivery mechanism. *International Dairy Topics*, 14, no. 1, 17–18.
4. P.P.J. van der Tol, W. Schrader, & B. Aernouts. (2010). Pressure distribution at the teat–liner and teat–calf interfaces. *Journal of Dairy Science*, 93, issue 1, 45–52.
5. Ynte H. Schukken, Lennart G. Petersson, & Bradley J. Rauch. (2006). Liners and teat end health. *NMC Annual Meeting Proceedings*, 183–196.
6. В. В. Адамчук, А. І. Фененко, В. В. Ткач, В. В. Братішко та ін. Механізація та автоматизація виробництва молока. *Монографія / ННЦ «ІМЕСГ»*. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2020. 368 с.
7. Фененко А. І., Ткач В. В., Ткачук С. В. Перспективи та техніко-технологічне забезпечення галузі тваринництва України. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК*. 2016. № 212/2. С. 27–35.

8. Ткач В.В. До питання фізіологічно безпечних принципів машинного доїння / *Загальнодержавний збірник «Механіка та автоматика агропромислового виробництва»*. ІМА АПВ НААН. Вип. №1 (115), Глеваха, 2023. – С.123-128.

9. Tkach V.V., Achkevych V.V., Bratishko V.V., Achkevych O.M. (2024) Justification of machine milking physiological principles / *23th International Scientific Conference Engineering for rural development*, Volume 23, 2024 Jelgava, LATVIA, p. 775-779.



УДК 631.3:629.735

## **ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У КОРМОВИРОБНИЦТВІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

**Холодюк О.В.**, доцент, ORCID iD 0000-0002-4161-6712  
*Вінницький національний аграрний університет*

Для успішного ведення аграрного бізнесу, зокрема у галузі тваринництва, потрібно швидко виявлення проблем, які склалися на полі та прийняття правильних рішень для їх усунення у самі короткі терміни.

Інтенсивний розвиток технологій точного землеробства разом з впровадженням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в агросектор відкриває нові перспективи для збільшення ефективності моніторингу чи обробки полів, луків і пасовищ. Сучасні агродрони дозволяють оперативно здійснювати дистанційний моніторинг території, точково вносити ЗЗР, уникаючи ушкодження культурних рослин, працювати за складних погодних умов та досягати до 50 % скорочення витрат на хімікатах [1].

Впровадження БПЛА у агросекторі, зокрема, для захисту культур, стало одним з найбільш перспективних нововведень останнього десятиліття. Актуальність використання агродронів зумовлена потребою в підвищенні точності технічних операцій, зменшенні витрат на обробку полів, мінімізації людського фактора та забезпеченні екологічної безпеки.

У кормовиробництві та луківництві основними напрямками

застосування БПЛА є:

- моніторинг стану культур – оцінка густоти посівів, визначення стресових зон, виявлення пошкоджень;
- створення карт врожайності та вегетації – NDVI-аналіз на основі мультиспектральних знімків;
- аналіз результативності обробок – зйомка до та після внесення препаратів;
- авіаційне обприскування посівів – внесення засобів захисту рослин шляхом розпилення з повітря;
- локальне внесення препаратів – обробка лише проблемних ділянок (ділянки з вогнищами хвороб чи шкідників).

Повномасштабне вторгнення росії в Україну, починаючи з лютого 2022 року, суттєво пошкодило український агропромисловий комплекс та призвело до багатомільярдних збитків. Не лише інфраструктура та економіка, але й аграрний сектор стали об'єктом атак російських сил. Напади на поля та ферми, окуповані території з аграрними ресурсами, а також спроби блокувати експорт зерна поклали важкий вантаж на українських фермерів. Не залишилось осторонь і використання БПЛА у галузі сільського господарства. З початком війни уряд України заклав повітряний простір над країною для цивільних користувачів, включаючи й БПЛА. Рішення було обґрунтоване нормами «Повітряного кодексу України» та «Положенням про використання повітряного простору України».

Зараз використання повітряного простору безпілотниками в сільському господарстві регламентується «Повітряний Кодекс України», законами України «Про правовий режим воєнного стану» і «Про введення воєнного стану в Україні» та постановою «Про затвердження положення про використання повітряного простору України».

Питання стосовно використання цивільних безпілотних повітряних суден, зокрема аграрних мультикоптерів (агродронів), в умовах дії воєнного стану розглядалося на онлайн нараді, яка відбулася відповідно до розпорядження Кабінету Міністрів України від 02.08.2022 за № 20173/0/1-22 03.08.2022 під головуванням Прем'єр-міністра України. За результатами наради Міністерство аграрної політики та продовольства України було поінформовано про заборону використання агродронів до завершення дії воєнного стану [2].

Зважаючи на загальний стан в Україні, зараз польоти на дронах або

обмежені, або виконуються за дозволом місцевої влади. Для польоту на дронах необхідно подати запит до місцевого самоврядування та отримати дозвіл, виконання якого буде контролюватися уповноваженим органом. Такі дозволи часто видають аграріям для можливості ефективного ведення бізнесу. Враховуючи норми чинного законодавства з метою погодження використання безпілотними повітряними суднами (агродронами) повітряного простору, наприклад, у Вінницькій області та їх безпечного застосування під час виконання сільськогосподарських робіт суб'єктами господарювання, які використовують агродрони та надають ними послуги з обробітку посівів необхідно, не пізніше ніж за 3 (три) доби погодити проведення зазначених робіт з:

- підрозділом Служби безпеки України у Вінницькій області;
- начальником штабу зони ТрО № 16 у Вінницькій області;
- командиром 24 прикордонного загону (м. Могилів-Подільський) –

при використанні агродронів в прикордонних районах.

Неузгоджений політ БПЛА може стати ознакою колабораційної діяльності, пособництва державі-агресору, диверсії, шпигунства, що є їх негативним проявом використання. Більше того, якщо людина поширила інформацію із розташуванням військових об'єктів, переміщенням зброї або колони ЗСУ, знявши її з дрона, то їй загрожуватиме позбавлення волі на строк від 3 до 5 років.

Відповідальність, яка може настати для порушників заборони на використання повітряного простору, зокрема за статтями 109, 110, 111, 112, 113 та 114 ККУ.

Серед перспектив використання БПЛА в аграрному секторі економіки України можна відзначити скорочення ресурсів, посилення дбайливого підходу до природокористування, інноваційну розбудову регіонів і створення робочих місць. За результатами сезонів 2021, 2022 та 2023 років загальна площа посівів, оброблена агродронами в Україні, становить 3,1 млн га (1 млн, 1,2 млн та 0,9 млн га відповідно) [3].

Серед більшості найпопулярніших цифрових технологій (рис. 1), зокрема моніторинг (супутникові знімки, індекси розвитку рослин) і захист (внесення з дронів) спостерігається тенденція до їх відсоткового зростання у порівнянні 2024 і 2025 років [4].

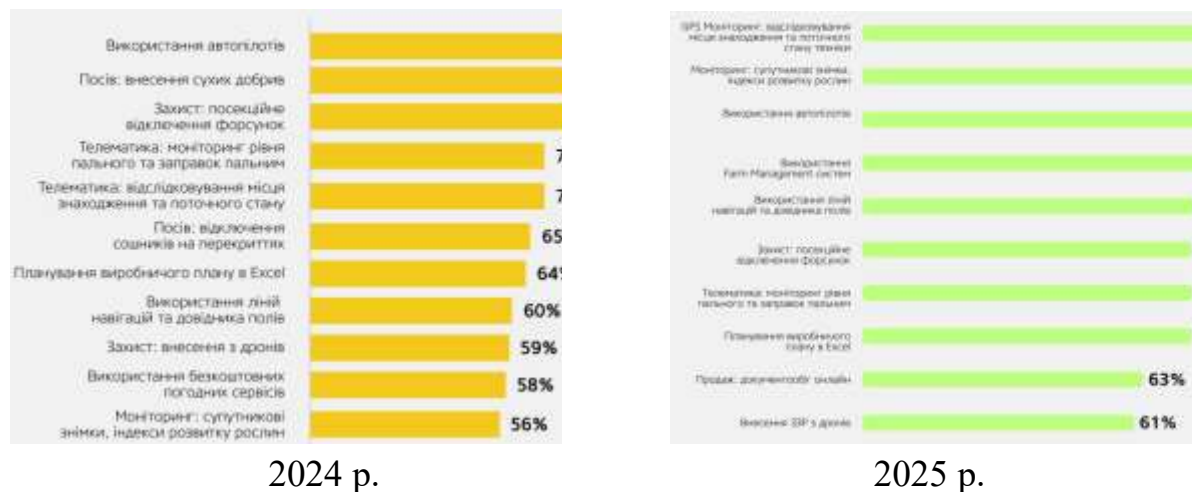


Рисунок 1 – Найпопулярніші цифрові технології

Слід відмітити і переваги використання БПЛА, наприклад на обприскуванні сільськогосподарських угідь:

- у порівнянні з будь-яким наземним обприскувачем, дрон вирішує проблему витоптування на 100 %. Середній показник витоптування посівів наземною технікою складає 3-5 %;
- самохідні обприскувачі пошкоджують рослин своїми штангами. Дрони-обприскувачі – цю проблему вирішують;
- здатність працювати одразу після дощу. Водночас наземна техніка змушена перечекати день-два, щоб зайти у поле, інакше вона там просто загрузне;
- відсутність ущільнення ґрунту та Можливість точкового або локального обробітку;
- амортизація дронів складає 2 роки, а наземних обприскувачів – 3-4 роки.

Отож, використання БПЛА у кормовиробництві в умовах воєнного стану дозволяє забезпечувати оперативне спостереження за станом луків, пасовищ і кормових культур (люцерна, кукурудза, жито, конюшина тощо); підраховувати запаси сіна, силосу чи зеленої маси, використовуючи фотограмметрію; забезпечувати безпечну маршрутизацію транспорту при доставці кормів; швидко реагувати на надзвичайні ситуації (обстріли, пожежі на полях, пошкодження інфраструктури); зберігати кормову базу для тваринництва, що є критично важливим для стабільності аграрного сектору.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Інноваційні технології у рослинництві: підручник / В.Д. Паламарчук, В.Ю. Кричковський, О.Д. Паламарчук, В.Е. Шуберанський. Вінниця: ФОП Добрянська О.Г., ТОВ «ДРУК-ПЛЮС», 2024. 582 с.
2. До уваги керівників сільськогосподарських підприємств Тульчинського району! URL: <https://tulchin-rda.gov.ua/news/1692792128/>
3. DroneUA – 10 років: шлях створення екосистем, розвиток України та вихід на американський ринок.
4. Цифрове Агро. Aggeek. URL: <https://www.aggeekagency.com/>



УДК 621.577:628.86:631.223

## НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ ҐРУНТОВИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ У ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМАХ МІКРОКЛІМАТУ ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

**В. М. Яропуд**, д.т.н., доцент, [yaropud77@gmail.com](mailto:yaropud77@gmail.com)  
*Вінницький національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** В умовах України ґрунт є одним із найбільш доступних джерел низькопотенційної теплоти. На глибині понад 10 м температура залишається стабільною в межах +9...12 °С впродовж року, що формує основу для використання теплових насосів і ґрунтових теплообмінників у системах опалення, вентиляції та кондиціонування. Практичне застосування таких технологій особливо перспективне для аграрного сектору, зокрема для тваринницьких приміщень, де підтримання оптимальних параметрів мікроклімату визначає продуктивність та здоров'я тварин. Найпоширенішим рішенням у Європі є U-подібні теплообмінники, які складаються з двох паралельних труб, з'єднаних у нижній частині свердловини. Незважаючи на значний світовий досвід, в Україні недостатньо вивчені конструктивні схеми ґрунтових теплообмінників, їх енергетична ефективність та умови раціональної експлуатації [1, 2].



ефективності стало теплове навантаження.

Літній період:

– температура повітря зменшилася на  $7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (концентричний) та  $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (U-подібний).

Зимовий період:

– температура зросла відповідно на  $8,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  та  $9,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Мінімальні та максимальні значення температури спостерігалися на ділянках 26,7–28,5 м довжини трубопроводу, що підтвердило необхідність застосування теплоізоляції у межах 1,5–3,25 м глибини.

Побудовані рівняння регресії другого порядку описали залежність різниці температур  $\Delta T_a$  та ефективної теплової потужності  $N_E$  від витрати повітря  $Q_{in}$  та температури на вході  $T_{in}$ . Встановлено раціональні витрати повітря:

–  $Q_{in} = 453,8\text{ м}^3/\text{год}$  для концентричної схеми;

–  $Q_{in} = 455,2\text{ м}^3/\text{год}$  для U-подібної.

Відповідні графічні результати подано на рис. 2.

При цьому ефективна теплова потужність становила:  $N_{EC} = 1266\text{ Вт}$  (літній період) і  $1052\text{ Вт}$  (зимовий);  $N_{EU} = 1575\text{ Вт}$  (літній період) і  $1235\text{ Вт}$  (зимовий). U-подібна конструкція виявилася ефективнішою на 17–24 %.

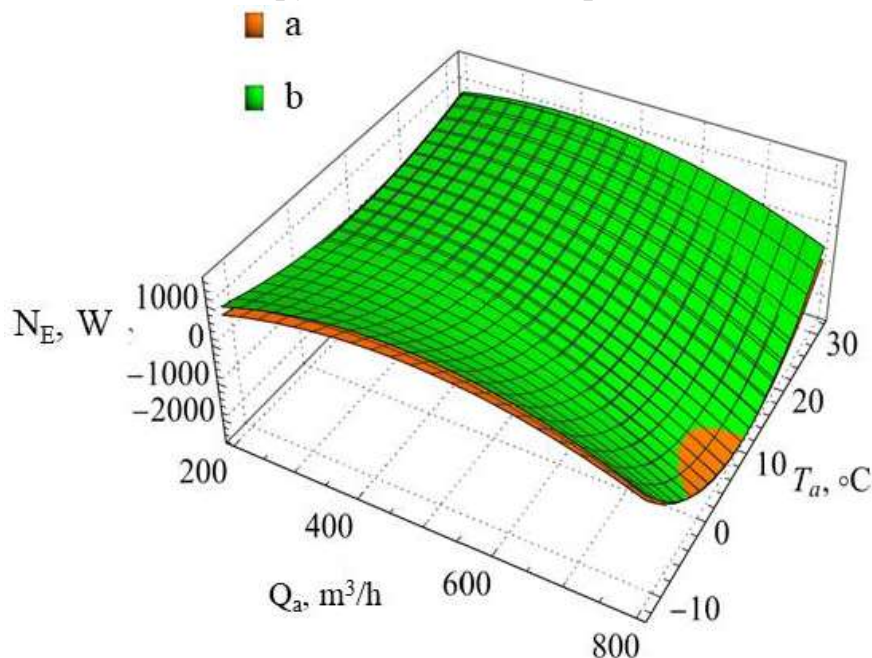


Рисунок 2 – Графіки залежності зміни ефективної теплової потужності ґрунтових теплообмінників  $N_E$  від факторів досліджень для концентричного (а) і U-подібного (б) вертикальних ґрунтових теплообмінників

### **Висновки**

1. Рівень пневмовтрат у концентричних та U-подібних теплообмінниках є майже однаковим.
2. U-подібний теплообмінник забезпечує більший перепад температур і вищу теплову потужність у літніх та зимових умовах.
3. Оптимальна робота досягається за витрати повітря близько 455 м<sup>3</sup>/год і використання теплоізоляції на глибині 1,5–3,25 м.
4. U-подібна схема на 17–24 % ефективніша за концентричну, що підтверджує її доцільність для систем мікроклімату у тваринницьких приміщеннях.

### **БІБЛІОГРАФІЯ**

1. Калетнік Г.М., Яропуд В.М. Результати чисельного моделювання геотермального охолодження у вентиляційній системі тваринницьких приміщень. *Вібрації в техніці і технологіях*. 2022. № 3 (106). С. 5–12. DOI: 10.37128/2306-8744-2022-3-1
2. Yaropud V. Experimental studies of the air flow heating process in a vertical soil heat exchanger. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2024. № 2 (125). С. 83-90. DOI: 10.37128/2520-6168-2024-2-9



Наукове видання

Матеріали XIV-ї Науково-технічної конференції  
«Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»

01-17 жовтня 2025 року

Відповідальні за видання:

*В.І. Ребенко*, доцент кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві НУБіП України,

*В.В. Ткач*, завідувач відділу механіки та автоматики біотехнічних систем у тваринництві ІМА АПВ НААН України

Технічний редактор – *О.В. Пономаренко* (ІМА АПВ НААН України)

Інтернет-редактор – *В.І. Ребенко* (НУБіП України)

Підготовка до видання:

відділ механіки та автоматики біотехнічних систем  
у тваринництві ІМА АПВ НААН України;

механіко-технологічний факультет НУБіП України