



ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

ІМЕНІ В. А. ДІДУРА



«НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ
СТАЛОГО РОЗВИТКУ
МАЛОТОННАЖНИХ ПІДПРИЄМСТВ
АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА»



М. УМАНЬ, 19-20 ТРАВНЯ 2026 Р.

УДК 631:502.131.1(082)

Рекомендовано до друку вченою радою факультету інженерних технологій та професійної освіти Уманського національного університету (протокол № 8 від 29 травня 2026 року)

Науково-практичні аспекти сталого розвитку малотоннажних підприємств агропромислового виробництва. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції імені В. А. Дідур. «Науково-практичні аспекти сталого розвитку малотоннажних підприємств агропромислового виробництва» (м. Умань, 19-20 травня 2026 р.) / Редкол.: В.В.Дідур (від. Ред.) та ін. Умань: Уманський НУ, 2026. 80 с.

Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції імені В. А. Дідур «Науково-практичні аспекти сталого розвитку малотоннажних підприємств агропромислового виробництва» репрезентує широкий спектр наукових досліджень, спрямованих на вирішення ключових проблем розвитку аграрного сектору України, зокрема наукові основи інженерного забезпечення малотоннажного агровиробництва, сучасні технології виробництва та глибокої переробки сільськогосподарської сировини, проектування засобів технічного забезпечення технологічних процесів малотоннажного агровиробництва, енергоефективність та відновлювана енергетика в агровиробництві, цифровізація, автоматизація та Smart-технології в агровиробництві

У збірнику також розглянуто питання енергоефективності агротехнологій, використання штучного інтелекту, агровольтаїки, відновлюваних джерел енергії, удосконалення технічних процесів у сільському господарстві. Вагоме місце займають дослідження з екологічної безпеки, оцінки якості вод, поводження з відходами, реставрації ландшафтів після військових дій та забезпечення екосистемних послуг в агроландшафтах. Матеріали збірника становлять науковий і практичний інтерес для науковців, викладачів, аспірантів, здобувачів вищої освіти, фахівців аграрного виробництва та представників органів управління, сприяючи впровадженню інноваційних підходів і формуванню засад сталого розвитку агропромислового комплексу України.

© Уманський національний університет, 2026

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ТА НАУКОВИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

В.В.Новіков — кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інженерних технологій та професійної освіти Уманського національного університету;

В.В.Дідур — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри агроінженерії (відповідальний редактор), Уманський національний університет;

В.В.Братішко — доктор технічних наук, професор, декан механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України;

О.І.Біловод — кандидат технічних наук, доцент, декан інженерно-технологічного факультету Полтавського державного аграрного університету;

В.П.Кувачов — доктор технічних наук, професор, декан механіко-технологічного факультету Таврійського державного агротехнологічного факультету імені Дмитра Моторного;

І.Л.Роговський — доктор технічних наук, професор, декан факультету конструювання і дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України;

В.Т.Надикто — доктор технічних наук, професор кафедри «Експлуатації та технічного сервісу машин», член-кореспондент НААН України;

С.І.Пастушенко — доктор технічних наук, професор, ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»;

І.Г.Морару — радник комітету виробників молока об'єднання «Спілка молочних підприємств України»;

В.П.Шейченко — доктор технічних наук, професор кафедри агроінженерії та автомобільного транспорту Полтавського державного аграрного університету.

В.Ф.Дідух — доктор технічних наук, професор кафедри аграрної інженерії Луцького національного технічного університету;

Е.Б.Алієв — доктор технічних наук, старший дослідник, професор кафедри інжинірингу технічних систем, Дніпровського державного аграрно-економічного університету;

Є.Іваницький — провідний спеціаліст ТОВ «Химлаборреактив»;

О.Леонов — провідний спеціаліст ТОВ «Химлаборреактив»

О.Б.Мелентьєв кандидат педагогічних наук, доцент кафедри агроінженерії Уманський національний університет (верстка і дизайн).

ORGANIZING AND SCIENTIFIC COMMITTEE OF THE CONFERENCE

Volodymyr Didur — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Agricultural Engineering (Executive Editor), Uman National University;

Volodymyr Novikov — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Engineering Technologies and Vocational Education, Uman National University;

Viacheslav Bratishko — Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Mechanical Engineering and Technology, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine;

Oleksandra Bilovod — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Engineering and Technology, Poltava State Agrarian University;

Volodymyr Kuvachov — Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Mechanical Engineering and Technology, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University;

Ivan Rohovskyi — Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Design and Engineering, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine;

Volodymyr Nadykto — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Machine Operation and Technical Service, Corresponding Member of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine;

Serhii Pastushenko — Doctor of Technical Sciences, Professor, Separate Subdivision of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Berezhany Agrotechnical Institute;

Ion Moraru — Advisor to the Committee of Milk Producers of the Union of Dairy Enterprises of Ukraine;

Viktor Sheichenko — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Agricultural Engineering and Motor Transport, Poltava State Agrarian University;

Volodymyr Didukh — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Agricultural Engineering, Lutsk National Technical University;

Elchin Aliiev — Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Professor of the Department of Technical Systems Engineering, Dnipro State Agrarian and Economic University;

Yevhenii Ivanytskyi — Leading Specialist, LLC «Himlaborreaktyv»;

Oleksandr Leonov — Leading Specialist, LLC «Himlaborreaktyv»;

Oleh Melentiev — Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering Uman National University (layout and design).

Секція 1. Наукові основи інженерного забезпечення

малотоннажного агровиробництва

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ПРОЦЕСІВ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ МАЛОПОШИРЕНИХ (НІШЕВИХ)
ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР**

Алієв Е.Б. 9

**RATIONAL SELECTION OF PETROLEUM PRODUCTS AS A FACTOR OF
ENERGY EFFICIENCY IN SMALL-SCALE AGRICULTURAL
PRODUCTION**

N. Ponomarenko, S. Myronov. 12

**ECOLOGICAL EFFICIENCY OF BIOETHANOL ADDITIVES IN
AGRICULTURAL MACHINERY ENGINES**

Ponomarenko N.O., Slakva S. 14

**ТОПОЛОГІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ВУЗЛІВ
АГРОТЕХНІКИ МЕТОДАМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ ДЛЯ УМОВ
МАЛОТОННАЖНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Гонта Д. В. 17

**Секція 2. Сучасні технології виробництва та глибокої переробки
сільськогосподарської сировини**

**ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ
РИЦИНИ МЕТОДОМ ОЧІСУВАННЯ**

Журавель Д. П., Дідур В. В. 19

ПЕРСПЕКТИВНА СИРОВИНА ДЛЯ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ

Костецька К.В., Соловей В. О., Грищук Р. С. 23

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ОСНОВА СТІЙКОГО РОЗВИТКУ
АГРОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Василишина О.В. 25

**ВПЛИВ ЗОЛЬНОСТІ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ПЕРЕРОБКИ
ЗЕРНА ПШЕНИЦІ**

Єремєєва О.А., Харченко Е.І. 27

**МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ІНДЕКСУ ЛУЩЕННЯ ВІД
ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЛУЩИЛЬНИКА ПРИ
УСІХ ІНШИХ ОДНАКОВИХ ПАРАМЕТРАХ**

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

Єремєєва О.А., Харченко Е.І. 31

Секція 3. Проєктування засобів технічного забезпечення технологічних процесів малотоннажного агровиробництва
МЕТОДИКА ПРОЄКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ СПІРАЛЬНОГО ВІБРАЦІЙНОГО ЖИВИЛЬНИКА ДЛЯ ДОЗУВАННЯ ПООДИНОКОГО НАСІННЯ СОНЯШНИКУ

Черній О. А 34

НОВІ КОМПОЗИЦІЙНІ БАГАТОШАРОВІ МАТЕРІАЛИ НА МІДНІЙ ОСНОВІ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У МАЛОТОННАЖНОМУ АГРОВИРОБНИЦТВІ

Денисенко М.І., Лісовський Л.В. 37

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE DRYING PROCESS THROUGH THE USE OF RECIRCULATION DRYERS

Palianychka Nadiia, Kovalyov Alexandr. 41

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ СУШАРОК

Паляничка Н., Ковальов О. 43

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Ковальчук Ю. О. 47

ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОСТОРОВА ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЕКСТРУДЕРІВ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ АГРОСИРОВИНИ

Гонта Д. В. 50

НАПРЯМИ ТЕХНІЧНОГО ОНОВЛЕННЯ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ПЕРВИННОЇ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДООВОЧЕВИХ КУЛЬТУР

Пастушенко С.І., Пастушенко А.С. 51

Секція 4. Енергоефективність та відновлювана енергетика в агровиробництві

DEVELOPING SOLID COMPOSITE BIOFUEL FROM SEWAGE SLUDGE AND CEREAL STRAW

Viacheslav Bratishko, Vasyl Khmelovskyi, Victor Rebenko, Oksana Achkevych,
All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

| | |
|--|----|
| Stanislav Kostiuk. | 54 |
| ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ КАРТОПЛЕСАДЖАЛОК ДЛЯ МАЛОПОТУЖНИХ ТРАКТОРІВ | |
| Пугач А.М., Теслюк Г.В., Москаленко Н.С. | 57 |
| СТІЙКІСТЬ КРИЗЬ АВТОНОМНІСТЬ: НОВА ПАРАДИГМА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ УКРАЇНСЬКОГО АПК | |
| Сахно В. М., Пугач А. М, Сушко Л. Ф. | 60 |
| РОЗРОБКА ТВЕРДОГО КОМПОЗИТНОГО БІОПАЛИВА З ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ТА СОЛОМИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР | |
| В'ячеслав Братишко, Василь Хмельовський, Віктор Ребенко, Оксана Ачкевич, Станіслав Костюк. | 63 |
| ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЄКТУ АГРОВОЛЬТАЇКИ У ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ УКРАЇНИ | |
| Мелентьєв О. Б. | 65 |
| АГРОВОЛЬТАЇКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕЗАЛЕЖНОСТІ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЛІСОСТЕПОВОЇ ЗОНИ ЧЕРКАЩИНИ | |
| Головатюк А. А., Петриченко Є. А., Мелентьєв О. Б. | 68 |
| ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ У СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИМИ БУДІВЛЯМИ | |
| Жесан Р. В., Кравцов С. В. | 71 |
| КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ | |
| Золотовська О. В., Іванова Г. В. | 74 |
| Секція 5. Цифровізація, автоматизація та Smart-технології в агровиробництві | |
| БІОІНТЕНСИВНІ ТА SMART-ТЕХНОЛОГІЇ В ОРГАНІЧНОМУ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР | |
| Кутковецька Т.О. | 77 |
| АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПРОТРУЮВАННЯ КАРТОПЛІ | |
| Кобець О.М., Жадан В.О. | 79 |
| ОГЛЯД СПОСОБІВ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ | |
| Кобець О. М., Шмідт Юлія Юріївна. | 82 |

| | |
|--|----|
| КЕРОВАНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО В УМОВАХ МІННОЇ НЕБЕЗПЕКИ: ІНТЕГРАЦІЯ CONTROLLED TRAFFIC FARMING, ШИРОКОКОЛІЙНИХ СИСТЕМ ТА СЕНСОРНОЇ ДЕТЕКЦІЇ | 86 |
| Кувачов В.П. | |
| МЕТОДИКА ІНТЕГРОВАНОЇ ДИСТАНЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ ДЕФІЦИТУ ФОСФОРУ: ВІД СУПУТНИКОВОГО МАКРОЗОНУВАННЯ ДО СЕНСОРНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ | 90 |
| Войтїк А.В. | |
| ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ МОДУЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗБЕРІГАННЯ: ІНТЕГРАЦІЯ САД-СИСТЕМ | 92 |
| Гонта Д. В. | |

Секція 1. Наукові основи інженерного забезпечення малотоннажного агровиробництва

УДК 631.362:664.3

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ МАЛОПОШИРЕНИХ (НІШЕВИХ) ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

Алієв Ельчин Бахтияр огли

доктор технічних наук, старший дослідник

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Проблеми продовольчої та біоенергетичної безпеки є однією із ключових елементів національної безпеки України у забезпеченні добробуту і здоров'я населення країни, особливо в умовах воєнного стану і післявоєнної відбудови. Через воєнні дії доступ населення до якісного харчування суттєво обмежений. Люди харчуються незбалансованими харчовими продуктами, які необхідно збагачувати різними нутрієнтами. Інтенсифікація харчової промисловості призводить до зростання попиту на високоякісні олії різного походження. У пошуках перспективних додаткових джерел олійної сировини виробники звертають увагу на збільшення асортименту з малопоширених (нішевих) олійних культур (льону, гірчиці, сафлору, конопель тощо). На сьогодні в Україні вже створений вітчизняний селекційний матеріал і розроблені відповідні технології їх вирощування. Однак аграрії не звертають особливої уваги на вирощування цих культур через невисоку їх рентабельність, яка спричинена неефективною переробкою. Тому, інтенсивне виробництво продукції із такої сировини потребує удосконалень, пов'язаних із попередньою підготовкою насіння, її виробництвом, очищенням та тривалим зберіганням, а також подальшою утилізацією або використанням побічних продуктів (оболонки, макухи, фузу тощо) на харчові, кормові та біоенергетичні цілі. Для вирішення даних проблем необхідним є поглиблене обґрунтування технологічних процесів виробництва і зберігання продуктів переробки малопоширених (нішевих) олійних культур на всіх етапах.

Мета – підвищення ефективності функціонування техніко-технологічного забезпечення процесів переробки насіння малопоширених олійних культур (льону, гірчиці, сафлору, рижю, чорнушки, конопель) різноманітних сортів і гібридів і подальше її зберігання в умовах воєнного стану та післявоєнної відбудови шляхом розробки інноваційних методів переробки сировини на харчові продукти, корми та біопалива та обґрунтування параметрів відповідного обладнання.

Проведено маркетинговий аналіз вітчизняного та світового ринку продуктів переробки насіння малопоширених олійних культур [1]. Визначено

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

тенденції попиту на харчові олії, білкові концентрати, борошно й функціональні інгредієнти. Результати засвідчили швидке зростання українського ринку продукції з нішевих олійних культур та підвищення інтересу з боку виробників і споживачів. Водночас його розвиток стримують недостатньо розвинена переробна інфраструктура, низький рівень механізації, фрагментованість ринку та слабкі логістичні зв'язки. Розширення посівних площ і збільшення переробки розторопші, сафлору, амаранту, чорного кмину, льону, кунжуту та інших культур сприятиме диверсифікації агровиробництва, зміцненню експортного потенціалу й розвитку кооперації.

Обґрунтовано склад техніко-технологічного забезпечення переробки і зберігання насіння нішевих олійних культур (сафлору, кунжуту, гірчиці білої та сизої, ріпаку, рижю, сої, рицини) [2]. Аналіз літературних і патентних джерел показав доцільність поєднання механічних (холодного та гарячого пресування) і хімічних (екстракційних) методів видобування олії з подальшою фізичною рафінацією, що забезпечує високу якість продукції за мінімальних екологічних ризиків. Сформовано науково обґрунтований комплекс машин і обладнання для очищення, сепарації, дозування, подрібнення, змішування та механічного видобування олії.

Запропоновано машину для очищення насіння рицини, що забезпечує комплексну післязбиральну переробку плодів шляхом ефективного розлущування коробочок, відокремлення насіння та очищення вороху від домішок [3]. Розроблено й верифіковано чисельну DEM–CFD модель процесів деформації, руйнування та переміщення компонентів у робочій зоні сепаратора-очисника з використанням моделей Герца–Міндліна та когезійних взаємодій. Встановлено аналітичні залежності продуктивності, якості очищення та енергоємності від конструктивно-режимних параметрів і визначено їх оптимальні значення. Подальшого розвитку набули положення щодо врахування реологічних і фізико-механічних властивостей насіння під час проектування машин.

Розроблено аеродинамічний сепаратор із вертикальним повітряним потоком [4]. На основі CFD-DEM моделювання в Simcenter Star-CCM+ отримано регресійні моделі другого порядку для прогнозування продуктивності, вмісту ліквідного насіння у зоні відбору та витрат повітря. Визначено оптимальні параметри, що забезпечують підвищення якості сепарації та енергоефективності.

Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему дискового подрібнювача, що працює за принципом ударного різання [5]. Отримано регресійні залежності впливу режимних і конструктивних параметрів на питому енергоємність, ступінь подрібнення та вміст пилоподібної фракції. Розвинуто фізико-математичну модель руйнування насіння на основі методу дискретних елементів.

Запропоновано роторний щітковий сепаратор для просіювання макухи [6]. Теоретично й чисельно обґрунтовано процес очищення сита, визначено

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

раціональні конструктивні та кінематичні параметри, що забезпечують ступінь просіювання до 95 % при мінімальному засміченні.

Розроблено Y-подібний змішувач для макухи та борошна [7]. Чисельне моделювання показало, що вирішальний вплив на час досягнення 0,95 однорідності мають частота обертання і кут злиття гілок; діаметр і довжина гілок характеризуються нелінійним ефектом. Обґрунтовано раціональні параметри конструкції.

Інтенсифікація техніко-технологічного забезпечення переробки насіння нішевих олійних культур є необхідною умовою підвищення продовольчої та біоенергетичної безпеки України. Обґрунтовано ефективні технологічні рішення та комплекс обладнання, що забезпечують підвищення якості продукції, енергоефективності та рентабельності виробництва. Реалізація запропонованих розробок сприятиме розвитку переробної галузі, розширенню сировинної бази та ефективному використанню побічних продуктів в умовах воєнного стану та післявоєнної відбудови.

Список літератури

1. Теслюк, Ю.В., Алієв, Е.Б., & Акастьолов О.В. (2025). Маркетинговий аналіз вітчизняного і світового ринку продуктів переробки насіння малопоширених (нішевих) олійних культур. *Ефективна економіка*, 6. <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.6.28>
2. Алієв, Е.Б. (2025). Обґрунтування складу техніко-технологічного забезпечення процесів переробки нішевих олійних культур. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 39, 199–215. <https://doi.org/10.36710/ІОС-2025-39-17>
3. Aliiev, E., Holovchenko, V., & Aliieva, O. (2026). Research on the optimal design and process parameters of a castor seed cleaning machine. *Research in Agricultural Engineering*, 72: 41–58. <https://doi.org/10.17221/121/2025-RAE>
4. Алієв, Е.Б., Кудрявцев, І.М., Кудрявцев, М.І. & Алієва, О.Ю. (2025). Оптимізація конструктивних і режимних параметрів аеродинамічного сепаратора насіння олійних культур із вертикальним повітряним потоком. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 39, 216–228. <https://doi.org/10.36710/ІОС-2025-39-18>
5. Bilous I., Jasinskas A., Dudin V., Kukharets S., Aliiev E., Domeika R., Paulikienė S., & Ūksas T. (2025). Justification of the Design and Operating Parameters of the Improved Disc Grain Crusher. *Agriculture*, 15(22), 2344. <https://doi.org/10.3390/agriculture15222344>
6. Алієв, Е.Б., & Литвинов, І.В. (2025). Чисельне моделювання системи «сито – частинки матеріалу – щітка». *Центральноукраїнський науковий висновок Технічні науки*, 12(43), ч. II, 154–164. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12\(43\).2.154-164](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12(43).2.154-164)

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

7. Алієв Е.Б., Пономаренко Р.Г. (2025). Результати чисельного моделювання у-подібного змішувача кормових преміксів. *Вібрації в техніці та технологіях*, 2 (117): 56–66. DOI: 10.37128/2306-8744-2025-2-7

UDC 631.172:665.7:620.9

RATIONAL SELECTION OF PETROLEUM PRODUCTS AS A FACTOR OF ENERGY EFFICIENCY IN SMALL-SCALE AGRICULTURAL PRODUCTION

Nataliia PONOMARENKO

PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Tractors and Agricultural Machinery

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Sergiy MIRONOV

Student,

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

The effective operation of small-scale agricultural enterprises today is largely determined by the rational use of resources, and above all — petroleum and lubricant products (PLP). Fuel and lubricant costs account for 25–35% of the production cost structure in such farms, making the optimization of PLP selection and use one of the key reserves for reducing operating expenses and enhancing the competitiveness of small agricultural businesses.

The relevance of this study is also driven by the specific nature of the machinery fleet typical of small-scale farms: it generally consists of heterogeneous, aging equipment — MTZ and YuMZ tractors, foreign-made compact tractors, and small-scale combines. Such a fleet requires an individual approach to selecting grades and types of petroleum products, as well as special attention to storage conditions and quality monitoring.

The aim of this work is to systematize the criteria for rational selection of petroleum products and to develop practical recommendations for improving the energy efficiency of small-scale agricultural production based on current advances in chemomotology.

The study is grounded in the analysis of applicable regulatory documents (DSTU 3868-99, EN 590, SAE J300), a review of current scientific and technical literature, and the generalization of production experience from farms in Dnipropetrovsk and Poltava regions. Parameters assessed included diesel fuel quality indicators, viscosity-temperature characteristics of engine oils, hydraulic fluid requirements, and grease specifications for small-scale production conditions [1].

It was established that one of the most common mistakes in small farms is the use of petroleum products of incorrect grades or failure to adhere to replacement intervals. Using engine oil beyond its service life increases engine component wear by 20–40%, while applying diesel fuel without accounting for seasonal characteristics in winter leads to fuel system failures. A significant problem is also the lack of

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

adequate PLP storage facilities in small farms — well-lit, ventilated premises equipped with primary fire-fighting means and sealed containers.

A promising direction for small-scale agricultural production is the introduction of biodiesel fuel based on rapeseed oil in B20–B30 blends. Analysis of international research indicates that the use of such blends can reduce CO emissions by 15–20%, enables on-farm fuel production, and reduces dependence on external suppliers [2, 3]. A key condition for the successful use of biodiesel is monitoring its physicochemical parameters: kinematic viscosity (2.0–4.5 mm²/s at 40°C), flash point (>130°C), and fatty acid methyl ester content (>96.5% per EN 14214).

Regarding lubricants for small-scale farms, the transition from separate lubrication systems to universal fluids of the UTTO (Universal Tractor Transmission Oil) type is recommended. UTTO fluids combine the functions of transmission oil, hydraulic fluid, and wet-brake fluid in a single product. This reduces the range of petroleum products required on the farm, simplifies accounting, and lowers the risk of incorrect fluid application. Field observations conducted at 12 farms in Dnipro district confirmed that switching to UTTO reduces PLP costs by 8–12% and decreases hydraulic system failures by 18–22%.

An important aspect is the organization of in-house PLP quality control. A minimum set of operational monitoring tools for a small-scale enterprise is proposed: a refractometer for determining antifreeze and coolant concentration; a hydrometer for measuring diesel fuel density and verifying its seasonal suitability; a magnetic probe for detecting metallic particles in spent oils; and TAN indicator strips for assessing the acid number of engine oil. Implementing such controls requires virtually no capital investment, but allows timely detection of non-conforming petroleum products and prevention of equipment failures [1].

Thus, rational selection of petroleum and lubricant products and proper quality control are effective and accessible tools for improving the energy efficiency of small-scale agricultural production. Implementation of the proposed approaches enables a reduction in PLP costs by 10–15%, a decrease in equipment failures by 20–25%, and an extension of engine and transmission service life without significant capital expenditure.

References

1. Chabannyi V.Ya., Chernovol M.I., Solovykh Ye.K. et al. *Fuel, Lubricants, Technical Fluids and Their Supply Systems*: textbook. Kropyvnytskyi: CNTU, 2022. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/items/4d7afa06-8968-4adf-bcfd-538285ee1e69>
2. Piri H., Renzi M., Guarino M. et al. The Effects of Biodiesel on the Performance and Gas Emissions of Farm Tractors' Engines: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression. *Energies*. 2024. Vol. 17(17). 4226. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/17/4226>
3. Nguyen V.G., Pham M.T., Le N.V.L. et al. A Comprehensive Review on the Use of Biodiesel for Diesel Engines. *International Journal of Renewable Energy*

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

UDC 621.43.057:662.756.3

ECOLOGICAL EFFICIENCY OF BIOETHANOL ADDITIVES IN AGRICULTURAL MACHINERY ENGINES

*Ponomarenko N.O., Cand. Tech. Sci., Associate Professor,
Slakva S., Assistant, Department of Tractors and Agricultural Machinery
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine*

Ukraine's agro-industrial complex is one of the largest consumers of motor fuel, using more than 3 million tonnes of petrol and diesel fuel annually. At the same time, the agricultural machinery fleet is characterised by a high degree of wear and significant toxicity of exhaust gases. Ukraine simultaneously possesses a powerful raw-material base for the production of bioethanol from sugar-beet industry by-products, grain surpluses, and cellulose-containing biomass [1, 2].

Bioethanol as an additive to commercial petrol offers a number of advantages: a high octane number (107–111), which permits an increase in the engine compression ratio; the presence of oxygen in the molecule, which promotes more complete combustion; a renewable raw-material base; and reduced greenhouse-gas emissions. World practice (Brazil, the USA, the EU) demonstrates the successful large-scale introduction of biofuels in the transport sector [3, 4].

Previous studies have shown that the use of petrol–ethanol blends containing 10–15% bioethanol reduces the concentration of carbon monoxide (CO) by 30–40% and of hydrocarbons (C_nH_m) by 15–20% compared with neat petrol. However, these data were obtained mainly from automotive engines operating under relatively stable conditions. Agricultural machinery engines operate under variable loads, dusty conditions, and elevated temperatures, which may affect the efficiency of biofuels [5, 6].

The effects of bioethanol additives on the exhaust-gas toxicity of agricultural machinery engines under different operating modes remain insufficiently studied. Quantitative data on the optimal bioethanol concentration for different equipment types and operating conditions are lacking. The economic feasibility of biofuel use in Ukraine's agro-industrial complex, taking into account the possibilities of domestic production, requires justification.

The aim of the study is to determine the effect of bioethanol additives of various concentrations on the environmental performance of agricultural machinery engines and to justify the feasibility of their use in the agro-industrial complex.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur "Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises", May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

Research objectives:

- conduct bench tests of engines on A-92 petrol and petrol–ethanol blends E10, E25, E50;
- determine the concentration of toxic components (CO, C_nH_m, NO_x) in exhaust gases at different load modes;
- establish correlation dependences between bioethanol concentration and toxicity level;
- assess the economic efficiency of introducing biofuels into agricultural machinery.

Experimental studies were conducted on the test bench of the Department of Tractors and Agricultural Machinery of Dnipro State Agrarian and Economic University. A four-cylinder petrol engine with a power output of 75 kW, typical for light agricultural machinery, was used.

Four fuel types were investigated:

- A-92 (base fuel);
- E10 (10% bioethanol + 90% petrol);
- E25 (25% bioethanol + 75% petrol);
- E50 (50% bioethanol + 50% petrol).

Bioethanol was obtained from a domestic distillery using beet molasses, purity 99.5%.

Toxicity measurements were carried out at six operating modes: idle (850 min⁻¹), partial loads (25%, 50%, 75% of rated power) at 2000 min⁻¹, rated load (100%) at 3000 min⁻¹, and maximum rotational speed (4000 min⁻¹). The concentration of toxic components was determined using a BOSCH BEA-260 gas analyser. Each measurement was repeated three times and the results were averaged. Engine temperature was maintained at 85–90°C.

The research results showed a steady decrease in CO concentration with increasing bioethanol content. At idle mode, CO concentrations were: A-92 – 0.68%, E10 – 0.54% (–20.6%), E25 – 0.38% (–44.1%), E50 – 0.25% (–63.2%). The maximum effect was observed at 50% partial load, where CO reduction for E50 reached 68%.

Hydrocarbon (C_nH_m) concentrations also showed a reduction: at idle A-92 – 135 ppm, E10 – 118 ppm (–12.6%), E25 – 98 ppm (–27.4%), E50 – 105 ppm (–22.2%). It should be noted that for E50 the effect was somewhat lower than for E25, which is explained by incomplete combustion due to excess ethanol.

The NO_x concentration showed ambiguous dynamics. At partial load modes a reduction of NO_x by 8–12% was observed; however, at rated load the NO_x concentration for E50 increased by 15% compared with A-92. This is related to the increase in combustion temperature due to the compression effect of bioethanol.

All investigated fuels ensured compliance with DSTU 4277:2004. For E25 and E50 the margin relative to the limiting values of CO and C_nH_m was 75–85%, allowing compensation for increased toxicity as the engine wears.

Correlation analysis revealed a strong linear relationship between bioethanol concentration and CO reduction ($r = -0.94$) and a moderate relationship for C_nH_m ($r = -0.76$). Regression equations allow the toxicity to be predicted for any bioethanol concentration in the range 0–50%.

Economic calculations showed that at current petrol prices (52 UAH/L) and bioethanol prices (48 UAH/L), the E25 blend is 6–8% cheaper than neat petrol. Taking potential tax incentives into account, the economic effect could increase to 12–15%.

The conducted studies confirmed the high ecological efficiency of bioethanol additives in agricultural machinery engines. The E25 blend is optimal, providing a 44% reduction in CO and 27% reduction in C_nH_m while maintaining all engine operating characteristics.

For the E50 blend, a further reduction in CO (by 63%) is observed; however, the NO_x concentration increases and fuel economy decreases due to the lower calorific value of the fuel. The use of E50 is advisable for machinery operating directly in fields and on farms, where the reduction of local toxic emissions is of critical importance.

The introduction of biofuels into Ukraine's agro-industrial complex will enable annual CO emissions to be reduced by 1,200–1,500 tonnes and C_nH_m by 350–450 tonnes, significantly improving the ecological situation in rural areas.

Prospects for further research include studying the effect of bioethanol additives on engine service life, investigating the low-temperature properties of petrol–ethanol blends, and developing technologies for the production of second-generation bioethanol from cellulose-containing waste.

References.

1. Bezridnyi V.V. Effect of blended petrols on harmful substance emissions in vehicle exhaust gases. Innovative Science: Searching for Answers to Modern Challenges. Conference Proceedings. Mohyliv-Podilskyi, 2024. pp. 288–293.
2. Energy Strategy of Ukraine for the Period up to 2035 “Security, Energy Efficiency, Competitiveness”. Approved by Cabinet of Ministers of Ukraine Order No. 605-r dated 18.08.2017.
3. Goldemberg J., Coelho S.T., Guardabassi P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. Energy Policy. 2008. Vol. 36(6). P. 2086–2097. DOI: 10.1016/j.enpol.2008.02.028
4. Tyner W.E. The US ethanol and biofuels boom: Its origins, current status, and future prospects. BioScience. 2008. Vol. 58(7). P. 646–653. DOI: 10.1641/B580718

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

5. Kanilo P.M., Kostenko K.V., Sarapina M.V. Ways to improve the environmental performance of vehicles when using highly aromatised petroleum fuels. *Avtomobilnyi transport: Collection of Scientific Papers*. Kharkiv: KhNADU, 2008. Issue 22. pp. 31–37.

6. Kaletnik G.M., Pryshliak N.V., Pryshliak V.M. Public policy and biofuels: Energy, environment and food trilemma. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2019. Vol. 10(2). P. 479–487. DOI: 10.14505/jemt.v10.2(34).22

УДК 631.3:004.92

ТОПОЛОГІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ВУЗЛІВ АГРОТЕХНІКИ МЕТОДАМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ ДЛЯ УМОВ МАЛОТОННАЖНОГО ВИРОБНИЦТВА

Гонта Дмитро Володимирович

викладач-стажист, магістр

Уманський національний університет

Сучасне малотоннажне виробництво сільськогосподарської техніки вимагає високої гнучкості та жорсткої мінімізації матеріаломісткості без втрати міцнісних характеристик конструкцій. В умовах дефіциту ресурсів класичні ітеративні методи проєктування поступаються місцем алгоритмам топологічної оптимізації. Ці алгоритми дозволяють математично перерозподіляти матеріал у заданому робочому просторі деталі виключно в зонах дії робочих навантажень, усуваючи "баластну" масу.

Матеріали та методи. Для моделювання робочих навантажень на вузли ґрунтообробної техніки та проведення структурного аналізу доцільно застосовувати системи автоматизованого проєктування з вбудованими модулями генеративного дизайну. Відповідно до вимог оргкомітету конференції, відкрито декларується використання інструменту генеративного штучного інтелекту виключно на етапі структурування текстової частини тез, синтаксичного зведення та інтеграції наданих літературних джерел. Формування проблематики та визначення граничних умов для комп'ютерного моделювання базуються на самостійному аналізі автора.

Результати досліджень. Топологічна оптимізація методами комп'ютерної графіки зводиться до обчислення оптимального розподілу матеріалу всередині заданого об'єму. Як зазначається у сучасних дослідженнях, оптимізація процесів проєктування агротехніки є критичним фактором підвищення загальної ефективності сільськогосподарських машин [1]. Використання методів комп'ютерної графіки дозволяє візуалізувати та згенерувати біонічні форми силових деталей, які мають максимальну жорсткість при мінімальній масі.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur "Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises", May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

Особливо актуальним цей підхід є для важких статичних та динамічних конструкцій. Аналіз оптимізації силової конструкції ґрунтообробного обладнання (на прикладі шлейф-борони) доводить, що цілеспрямований розподіл матеріалів у зонах найвищих напружень здатен суттєво підвищити експлуатаційну надійність техніки [2]. Для умов малотоннажного виробництва, де складні ливарні процеси економічно нерентабельні, алгоритми генеративного дизайну обмежуються технологічними параметрами виробництва: оптимізація задається з урахуванням обмежень на 2D-різання (лазер, плазма) або векторів екструзії для зварних конструкцій.

Окрім зниження маси, топологічна оптимізація дозволяє виявити зони концентрації напружень, які часто ігноруються при традиційному проектуванні на основі емпіричних коефіцієнтів запасу. Завдяки візуалізації силових ліній у середовищі комп'ютерної графіки, інженер отримує можливість коригувати геометричні параметри вузла ще до початку розкрою металу, що мінімізує кількість ітерацій «проектування — випробування — доопрацювання». Це перетворює процес розробки на детермінований алгоритм, де кожен грам конструкційної сталі виконує свою функцію, зменшуючи собівартість кінцевого виробу.

Для малотоннажного виробництва впровадження таких методів мінімізує залежність від дорогого промислового лиття. Замість монолітних деталей, що потребують складних форм, оптимізовані структури можуть бути реалізовані через метод лазерного розкрою листів із подальшим зварюванням або складанням «сандвіч-конструкцій».

Висновки. Впровадження методів комп'ютерної графіки та топологічної оптимізації у малотоннажне виробництво дозволяє об'єктивно знизити матеріаломісткість силових вузлів агротехніки. Інтеграція сучасних САД/САЕ-систем у цикл розробки відсікає зайві етапи фізичного прототипування, забезпечуючи високий рівень ресурсозбереження ще на стадії цифрового двійника.

Список літератури

1. Burlaka, S. (2025). Optimization of agricultural equipment design processes. Техніка, енергетика, транспорт АПК, 131(4), 76.
2. Panov, O., & Simson, E. (2022). Оптимізація силової конструкції ґрунтообробного обладнання на прикладі шлейф борони «ларі». Машинобудування, (29), 15–31.

Секція 2. Сучасні технології виробництва та глибокої переробки сільськогосподарської сировини

УДК 633.85:631.354

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ РИЦИНИ МЕТОДОМ ОЧІСУВАННЯ

Журавель Д. П., доктор технічних наук, професор
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.

Дідур В. В., доктор технічних наук, професор
Уманський національний університет, м. Умань, Україна.

Проблема обґрунтування технологічного процесу збирання рицини методом очісування є актуальною для сучасного аграрного виробництва, оскільки традиційні способи збирання цієї культури супроводжуються значними втратами врожаю, високою трудомісткістю та ризиками для здоров'я працівників. Рицина характеризується нерівномірним досяганням коробочок, що ускладнює вибір оптимальних строків збирання та призводить до осипання насіння при запізненні або недоборі врожаю при передчасному збиранні. Крім того, наявність токсичних речовин у рослині створює додаткову небезпеку при ручному або механізованому збиранні із значним контактом із рослинною масою. Використання методу очісування дозволяє зменшити контакт із рослиною та підвищити продуктивність процесу, однак потребує детального технологічного обґрунтування, зокрема щодо вибору режимів роботи машин, конструктивних параметрів очісувальних пристроїв і умов ефективного відокремлення насіння від рослин. Відсутність достатньо досліджених і впроваджених технологічних рішень у цій сфері стримує широке застосування методу очісування у виробництві, що зумовлює необхідність комплексного аналізу та вдосконалення технологічного процесу збирання рицини з метою зниження втрат, підвищення якості продукції та забезпечення безпеки праці [1,2].

Питання механізованого збирання рицини, зокрема методом очісування, активно розробляється вітчизняними науковцями, однак залишається недостатньо вивченим і потребує подальшого розвитку. У наукових роботах значна увага приділяється дослідженню технологічних процесів збирання рицини як перспективної технічної культури, що має важливе значення для отримання рослинної олії та використовується у різних галузях промисловості [3-5].

Встановлено, що ефективність збирання значною мірою залежить від біологічних особливостей рослини, зокрема нерівномірного досягання коробочок і їх схильності до розтріскування, що ускладнює застосування

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur "Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises", May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

традиційних способів збирання. Окремий напрям досліджень присвячений розробці машин для збирання рицини методом очісування на корені. У працях дослідників наведено результати польових випробувань таких машин, де аналізуються показники якості збирання, втрати насіння та ефективність роботи робочих органів [6]. Дослідження показують, що застосування очісувальних пристроїв дозволяє підвищити продуктивність і зменшити втрати врожаю, однак потребує оптимізації конструктивних параметрів та режимів роботи для різних умов вирощування. Також у науковій літературі розглядаються питання створення і вдосконалення конструкцій машин для очісування рицини, зокрема обґрунтування параметрів робочих органів і їх взаємодії з рослиною.

При цьому встановлено, що ефективність процесу значною мірою залежить від фізико-механічних властивостей рослинної маси та насіння, які впливають на процес відокремлення коробочок і мінімізацію пошкодження насіння. Разом з тим, аналіз суміжних досліджень у галузі механізації збирання інших культур показує, що для підвищення ефективності технологічних процесів широко застосовуються комбіновані та вдосконалені робочі органи, оптимізація кінематичних режимів і математичне моделювання процесів взаємодії робочих органів з рослинною масою. Це свідчить про доцільність перенесення аналогічних підходів на процес збирання рицини методом очісування. Водночас існуючі дослідження вказують на обмеженість технічних рішень і недостатню адаптацію машин до специфічних властивостей рицини, що знижує ефективність їх використання та вимагає подальшого вдосконалення технологічних схем і конструкцій. Таким чином, сучасний стан наукових досліджень характеризується наявністю окремих розробок і експериментальних результатів, проте відсутністю комплексного підходу до обґрунтування технологічного процесу збирання рицини методом очісування, що і визначає актуальність подальших досліджень у цьому напрямі.

Застосування методу очісування при збиранні рицини дозволяє суттєво підвищити ефективність технологічного процесу за рахунок зменшення втрат насіння, підвищення продуктивності праці та зниження витрат на виконання операцій. Встановлено, що найбільш раціональним є збирання у фазі, коли більшість коробочок досягає технічної стиглості, але ще не відбулося їх масове розтріскування, що забезпечує мінімізацію осипання насіння.

У ході досліджень визначено, що ефективність очісування значною мірою залежить від кінематичних параметрів робочих органів, зокрема швидкості їх руху, частоти обертання та взаємного розташування елементів очісувального апарата, які повинні забезпечувати надійне відокремлення коробочок без пошкодження насіння і надмірного захоплення стеблової маси. Експериментально доведено, що оптимізація конструктивних параметрів очісувального пристрою, таких як форма та крок робочих елементів, кут їх нахилу і зазори між ними, дозволяє підвищити повноту збирання та знизити втрати до мінімально допустимого рівня.

Також встановлено, що фізико-механічні властивості рослин, зокрема міцність прикріплення коробочок і вологість насіння, істотно впливають на якість процесу, що обумовлює необхідність адаптації режимів роботи машин до конкретних умов вирощування. Важливим результатом є підтвердження доцільності використання очісування на корені, що дає змогу зменшити кількість технологічних операцій та скоротити витрати енергії порівняно з традиційними способами збирання.

На рис.1 наведено модернізовані технологічні засоби для збирання рицини.



Рис.1. Модернізовані технологічні засоби для збирання рицини

Крім того, дослідження показали, що застосування очісувальних машин сприяє зниженню рівня контакту оператора з рослинною масою, що є важливим з огляду на токсичність рицини, та підвищує безпеку праці. На рис.2 наведено експериментальне обладнання для очісування рицини на корені.



Рис.2. Експериментальне обладнання для очісування рицини на корені

Визначено також, що впровадження даного методу забезпечує більш стабільні показники якості зібраного насіння, зокрема зменшення його пошкодження та засміченості. У сукупності отримані результати підтверджують ефективність і перспективність використання методу очісування для збирання рицини та створюють наукову основу для подальшого вдосконалення технологічних процесів і технічних засобів.

Висновок. Узагальнюючи результати проведених досліджень, можна зробити висновок, що застосування методу очісування є перспективним напрямом удосконалення технологічного процесу збирання рицини, який забезпечує підвищення ефективності виробництва за рахунок зменшення втрат насіння, скорочення трудових і енергетичних витрат та покращення якості отриманої продукції. Встановлено, що досягнення високих показників ефективності можливе за умови раціонального поєднання агротехнічних і конструктивно-технологічних факторів, зокрема оптимального вибору строків збирання, врахування біологічних особливостей культури та обґрунтування параметрів і режимів роботи очісувальних машин. Доведено, що адаптація конструкції робочих органів до фізико-механічних властивостей рослин дозволяє забезпечити повноту збирання при мінімальному пошкодженні насіння і зниженні рівня засміченості вороху. Крім того, використання методу очісування сприяє підвищенню безпеки праці завдяки зменшенню контакту оператора з токсичною рослинною масою та спрощенню технологічного процесу в цілому. Разом із тим встановлено, що для широкого впровадження даної технології необхідним є подальше вдосконалення конструкцій очісувальних пристроїв, оптимізація їх кінематичних параметрів та адаптація до різних ґрунтово-кліматичних умов вирощування рицини. Таким чином, обґрунтування технологічного процесу збирання рицини методом очісування має важливе практичне значення і створює передумови для підвищення ефективності вирощування цієї культури та розвитку механізації аграрного виробництва.

Список літератури

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. Обґрунтування аеродинамічних властивостей вороху рицини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: Наукове фахове видання*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 21, т. 2. С. 42-50. DOI: 10.31388/2078-0877-2021-21-2-42-50.

3. Дідур В.В., Журавель Д. П., Повар І.Ю., Петриченко Є.А. Наукові основи очищення рослинних олій у конічних центрифугах. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ*; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. Вип. 25, т. 3. С. 125-130. DOI <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2025-25-3-17>.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

4. Дідур В.В., Журавель Д. П., Колесніченко І.А., Петриченко Є.А. Моделювання теплової обробки насіння олійних культур високотемпературним теплоносієм. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*: наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. Вип. 15, т. 2. С.37-44. DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-2-5>.

5. Дідур В.В., Журавель Д.П., Колесніченко І.А., Петриченко Є.А. Моделювання тепломасоперенесення в поверхневих капілярно-пористих середовищах. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції. *«Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі»* (01–25 листопада 2025 року). Запоріжжя, 2025. С. 46-49.

6. Дідур В.В., Журавель Д. П. Аналіз технологічного процесу механізованого збирання рицини в умовах Південного Лісостепу України. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції. *«Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі»* (01–25 листопада 2025 року). Запоріжжя, 2025. С. 56-61.

УДК 664.6/7-021.4

ПЕРСПЕКТИВНА СИРОВИНА ДЛЯ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ

Костецька К.В., к. с.-г. н., доцент

Соловей В. О., Гришук Р. С., аспіранти кафедри харчових технологій

Уманський національний університет

В українській зернопереробній галузі пшеничне борошно відіграє ключову роль у забезпеченні стабільності виробничих процесів. Детальне дослідження технологічних властивостей конкретних сортів пшениці дозволяє розробляти науково обґрунтовані рекомендації щодо їх цільового використання [1].

Особливу увагу варто приділити створенню продуктів функціонального призначення, які є фундаментом здорового раціону. Такі вироби не лише покривають енергетичні потреби, а й збагачують організм дефіцитними біоактивними речовинами, підтримують роботу внутрішніх систем і слугують засобом профілактики захворювань при систематичному споживанні [1, 2].

Кіноа класифікується як псевдозернова культура з високим вмістом біологічно активних сполук, що зумовлюють її дієтичну цінність. Нутрієнтний профіль рослини характеризується значною концентрацією білків, вуглеводів, вітамінів (зокрема групи В та Е), а також есенціальних мінеральних речовин, таких як залізо, магній, фосфор, кальцій, калій та цинк. Важливою технологічною та медичною особливістю кіноа є повна відсутність глютену, що робить її безпечним компонентом раціону для осіб із целиакією або чутливістю до клейковини [2, 3].

Окрім високої поживної цінності, кіноа виступає джерелом потужних
All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

антиоксидантів, зокрема кверцетину та кофеїнової кислоти. Ці сполуки відіграють ключову роль у нейтралізації окиснювального стресу та превенції хронічних патологій. Систематичне вживання цієї культури позитивно впливає на метаболічні процеси, підтримує роботу серцево-судинної системи та оптимізує функціонування органів травлення [4, 5].

Об'єкт дослідження – якість борошна з зерна селекційних зразків пшениці м'якої та з насіння лободи кіноа. Мета роботи комплексне оцінювання якості борошна для визначення придатності для макаронного виробництва.

Насіння кіноа (*Chenopodium quinoa*) інтродуковане на базі Національного ботанічного саду ім. Гришка НАН України, а зерно пшениці вирощено в Південному Лісостепі України.

Дослідження проведено на базі кафедри харчових технологій Уманського національного університету. Згідно методик, із точністю та логічною послідовністю, що описані в стандартах, виконували аналіз сировини та готових виробів.

Аналізуючи хімічний склад насіння кіноа визначено, що вміст білка становить понад 15 %, жиру – більше 6 %, а клітковини – в середньому 13 %. У результаті дослідження встановлено, що за лабораторним помелом отримали борошно кіноа цільнозернове та першого сорту зі значеннями зольності відповідно 2,1 і 1,7 %. У якості головної характеристики складу борошна кіноа є вміст білка. У цільнозерновому борошні його масова частка складала 15,1 %, тоді як у борошні першого сорту – на 9 % менше. Борошно кіноа характеризується високими значеннями кислотності, з середнім значенням – 4,2 град. Задля полегшення формування виробів на безглютеновій сировині для виробництва макаронів використовували борошно кіноа першого сорту.

Провели технологічне оцінювання борошна з зерна пшениці м'якої озимої сортів української селекції: Дарунок Поділля (контроль) і Аліот, а також європейські сорти: Скаген, Нордіка, Авеню, які є, відповідно, німецького, чеського і французького походження.

Експериментальне оцінювання якості зерна м'якої озимої пшениці, вирощеної в умовах Правобережного Лісостепу України, підтвердило відповідність показників свіжості та якості встановленим стандартам. Одержані дані обґрунтовують доцільність використання досліджуваних зразків у макаронному виробництві. Зокрема, перспективними для виготовлення макаронних виробів визначено сорти Дарунок Поділля, Аліот, Авеню, Нордіка та Скаген. Показник зольності (0,50–0,53 %) відповідає вимогам до борошна вищого сорту (крупки), а властивості клейковини (77–100 од. приладу ВДК) дозволяють віднести її до II-ї групи якості (задовільна слабка).

Висновок. На підставі даних досліджень можна вважати обґрунтованою доцільність використання при виготовленні макаронних виробів, борошна пшеничного та борошна кіноа. Вироби з них мають прийнятні органолептичні та фізико-хімічні показники якості. При цьому дещо кращі органолептичні показники та варильні властивості виробів досягаються у разі використання

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

борошна з зерна пшениці французького сорту пшениці Авеню, що є більш високо склоподібним (57,3 %) та з зерна німецького сорту Скаген, що має вищий вміст клейковини. У разі використання борошна кіноа у виробках забезпечується вищий вміст харчових волокон, білка.

Список літератури

1. Костецька К. В., Герасимчук О. П., Соловей В.О. Борошномельні властивості зерна пшениці м'якої озимої залежно від сорту. *Продовольчі ресурси*. 2024. Том 12, №23. С. 85–90. DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2024-23-09>
2. Osokina, N., Kostetska, K., Kysil, A., Priss, O. (2025). Devising an approach to assessing the quality of gluten-free bread of new recipes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Technology and Equipment of Food Production*. 2025. Vol. 6. No. 11. (138). P. 38–46. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.345357>
3. Осокіна Н.М., Костецька К.В., Кисіль А.А., Андрущенко О.Л. Обґрунтування використання кіноа у хлібопеченні. *Продовольчі ресурси*. 2025. Том 13, № 24. С. 100–111. DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2025-24-11>
4. Trotsenko, V. I., Melnyk, A. V., Trotsenko, N. V. (2020). Research on the basic characteristics of quinoa seeds. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Fhramoho Universytetu*. [Bulletin of Sumy National Agrarian University], 1 (39). 71–77.
5. Semra Navruz-Varli, Nevin Sanlier. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of Cereal Science*. 2016. Vol. 69. P. 371–376.

УДК 664.8.032

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ОСНОВА СТІЙКОГО РОЗВИТКУ АГРОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Василишина О.В. доктор с.-г. наук, професор
Уманський національний університет

Використання інноваційних технологій в агропромисловому секторі сприяє прогресивному розвитку сільського господарства та залученню інвестицій, що обумовлює зміцнення технологічної та економічної безпеки. Проте, розвиток сільськогосподарського виробництва не можливий без впровадження нових технологій, які вимагають детального дослідження та обґрунтування [1].

Агропромисловий сектор нерозривно пов'язаний із переробкою сільськогосподарської продукції. Разом з тим, харчова промисловість постає перед викликом науково-технологічного прогресу, екологічних проблем та вимог споживачів. Задля забезпечення продовольчої безпеки країни постають питання безпеки, якості та функціональності харчових продуктів та збереження

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

природних ресурсів. Проблеми зміни клімату, демографічні та пандемії обумовлюють потребу у нових підходах до виробництва, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції. Дані проблеми вимагають розробки інноваційних сільськогосподарських, екологічних та економічних технологій [2].

Аграрний сектор України ефективно інтегрувався у світову продовольчу систему і відіграє важливу роль для забезпечення продовольчої безпеки держави. На шляху євроінтеграції Україна досягла прогресу у сфері сільськогосподарського виробництва, переробки та виготовлення харчових продуктів, здійснення контролю за безпечністю та якістю продукції.

У Стратегії ЄС “Від ферми до столу” Європейська Комісія визначила ціль – не менше 25 відсотків сільськогосподарських земель повинно бути зайнято під органічне виробництво. Одним із завдань стратегії розвитку сільського господарства в Україні є забезпечення продовольчої безпеки. Україна виступає як один із гарантів світової продовольчої безпеки та є одним із потужних експортерів пшениці, ячменю, кукурудзи та соняшникової олії.

Метою розроблення та реалізації Стратегії є підготовка аграрного сектору до вступу України в ЄС, забезпечення сталого розвитку сільського господарства і сільських територій та створення сприятливих умов для досягнення стратегічних цілей щодо формування конкурентоспроможного, стійкого та диверсифікованого аграрного сектору (сільське господарство і переробна промисловість), що забезпечує довгострокову продовольчу безпеку, посилення охорони навколишнього природного середовища, включаючи біорізноманіття, пом’якшення наслідків змін клімату, зміцнення соціально-економічної структури сільських територій. Стратегію передбачається реалізувати до 2030 року [3].

Таким чином інноваційні технології у сільському господарстві швидко розвиваються та з’являються нові:

- точне землеробство: роботи-агрономи та дрони; розумні системи поливу: сенсори вологості та автономний полив.

- вертикальне землеробство: технології вертикальних систем: багатоярусні установки.

- біотехнології: генетично модифіковані культури (посухостійка пшениця, стійкість до хвороб), біопрепарати (біодобрива, біопестициди).

- сонячна енергія, що сприяє запровадженню агровольтаїки – встановленні сонячних панелей над полями [4].

У сучасних умовах розвиток України не можливий без інноваційного розвитку у галузі харчових технологій який пов’язаний із отриманням нових харчових продуктів, які відповідають принципам здорового харчування. Наприклад, для створення оздоровчих харчових продуктів створюють харчові продукти функціонального призначення за напрямками: на основі сировини із високим вмістом функціональних інгредієнтів (овес, ячмінь, висівки); із зниженим вмістом солі, цукру, жирів; на основі зернових.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

На всіх етапах розвитку харчової промисловості основна роль відводиться науці, тому що наукові підходи та узагальнення сприяють розв'язанню основних питань харчових технологій у сучасних умовах.

Отже, Україна має всі необхідні економічні та соціальні чинники для впровадження іноваційних технологій у сільському господарстві та харчових технологіях, що дає можливість формувати її розвиток [5].

Список літератури

1. Білінська В. Сучасні іноваційні технології в сільському господарстві: основна характеристика та перспективи впровадження. Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. 2015. №7(172). С. 74–80.
2. Priss O. Innovative approaches in food processing and sustainability. Collective monograph Tallinn. Estonia. 2025. 346 p.
3. Стратегія розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 листопада 2024 р. № 1163-р
4. Іноваційні технології у сільському господарстві України 2025: Тренди та перспективи URL: <https://fermateh.com.ua/innovacijni-tekhnologiyi-u-silskomu-gospodarstvi-ukrayiny-2025-trendy-ta-perspektyvy/>
5. Сімахіна Г.О. Науменко Н.В. Здобутки і перспективи впровадження іновацій у харчовій промисловості України. Грааль науки. 2021. С.109.

УДК 664.71-027.33 : 633.11

ВПЛИВ ЗОЛЬНОСТІ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

Єремєєва О.А. к. тех. н., доцент

Уманський національний університет

Харченко Е.І. к. тех. н., доцент

Київський університет харчових технологій

Різними дослідниками вивчалися зміни зольності луценого зерна пшениці, жита, ячменю, кукурудзи, гороху, сорго. Але переважна більшість досліджень дає можливість простежити закономірності зміни зольності луценого ядра, а дослідженням закономірностей змін зольності мучки майже не приділяється увага. Для технологічного процесу сам аналіз зольності мучки може дати важливу інформацію щодо правильності його ведення.

Серед проаналізованих наукових робіт, які присвячені луценню зерна пшениці можна виділити закордонні дослідження Fares С. [5], Gys W. [7], Hareland G.A. [2], Singh N. [3], Tibola С. S. [4] із співробітниками. Дослідження вказаних авторів наводять лінійні залежності зміни зольності ядра пшениці від

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

тривалості лушення не торкаючись технології переробки зерна. Більш обґрунтовані дослідження зольності лушеного зерна пшениці проведені Верещинським О.П. [1], який показав, що зі збільшенням індексу лушення до 11% зольність мучки збільшується, а подальше збільшення індексу лушення понад 11 % призводить до зниження зольності мучки.

В основі технологічного процесу переробки зерна в сортове борошно лежить розділення анатомічних частин зерна з метою видалення у висівки плодових та насінневих оболонок, алейронового шару та зародка. Мінеральні речовини в зерні розташовані нерівномірно. Основна кількість їх міститься в оболонках, алейроновому шарі та зародку. Відомо, що на частку оболонок із алейроновим шаром приходиться близько 75 %, а на частку зародка 8,5 % усіх мінеральних речовин зерна. Зольність ендосперму становить 0,2...0,60 %.

Оболонки, потрапляючи у борошно, збільшують їх зольність. Відповідно, за зольністю можна непрямо робити висновки щодо правильності ведення технологічного процесу. Саме тому зольність є одним із основних показників якості борошна. Зольність не завжди є об'єктивним показником. Це пов'язано із тим, що зольність цілого зерна є змінною величиною. Так само і непостійна зольність окремих анатомічних частин зерна. Зольність центральних і периферійних частин ендосперму також неоднакова. В результаті непостійної зольності зерна і його окремих анатомічних частин не завжди можна правильно робити висновки щодо повноти видалення периферійних частин із борошна. Більш точним показником є визначення вмісту клітковини в борошні. Вміст сирої клітковини та золи в пшениці тісно пов'язані із вмістом висівкових частинок у ній, а вихід борошна знаходиться у зворотній залежності від них. Дрібне та щупле зерно зазвичай містить у відсотковому відношенні більше висівкових частинок і відповідно більше сирої клітковини та золи, тому і дає менший вихід борошна, ніж крупне, добре виповнене зерно. Мінеральні речовини складають 2...5 % на сухі речовини зерна. Однак визначити вміст клітковини в борошні досить складно і тому на практиці цей аналіз лабораторії не виконують.

Зольність зерна є основним показником, за яким контролюють ступінь очищення і обробки поверхні зерна в зерноочисних відділеннях, якість проміжних продуктів розмелу зерна, якість товарних сортів борошна, манної крупи та висівок.

Об'єктом досліджень є технологія лушення зерна пшениці.

Предметом досліджень є вплив лушення зерна пшениці на зміну зольності ядра та мучки.

Озолення мучки та лушеного ядра здійснювалося відповідно до ISO 2171:2023 Cereals, pulses and by-products. Determination of ash yield by incineration.

Ядро лушеного зерна пшениці подрібнювалося у лабораторному млинку ЛМТ. Отриманий продукт інтенсивно переміщувався для досягнення рівномірності розподілу зольних елементів по всьому об'єму продукту. З метою All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur "Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises", May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

уникнення змішування продуктів різної зольності, після кожного подрібнення зразка лабораторний млинок ЛМТ-1 ретельно очищався і протирався вологою ганчіркою.

Наважка масою 1 г спалювалася в тиглях у муфельній печі протягом 4 годин. Після озолення тиглі із золю охолоджувалися і зважувалися на аналітичних вагах. Зольність ядра пшениці та мучки визначалися без використання прискорювача.

Для визначення зольності зерна на сухі речовини, паралельно визначалася вологість зразків шляхом висушування наважки масою 5 г подрібненого продукту у сушильній шафі СЕШ-3М протягом 60 хв відповідно до ISO 712:2009(E). «Cereals and cereal products. Determination of moisture content».

Кожний зразок продукту визначався у п'ятикратній повторності. Після чого проводився аналіз отриманих результатів. Отримані результати досліджень подавали у графічному та табличному вигляді для кращого сприйняття та обробки експериментальних даних.

Математичну обробку отриманих експериментальних даних здійснювали із використанням методу найменших квадратів із застосуванням програмного забезпечення MS Excel.

Зольність визначали для мучки та лущеного ядра пшениці. Параметрами, які змінювались під час досліджень були тривалість лущення та зернистість абразивних кругів лущильника. Вологість пшениці та маса завантаженого зерна у лущильник УЛЗ-1 залишалися незмінними. Оберти абразивних кругів становили 29,6 с-1 (номінально 1500 об/хв) і були незмінними протягом усіх досліджень.

При зернистості абразивних кругів 40 од, зольність ядра лінійно зменшувалася від 1,52 % до 1,2 %. В той же час зольність мучки змінювалася за нелінійним законом. Було зроблено декілька повторностей досліду для того щоб підтвердити саме нелінійну залежність зольності мучки від тривалості лущення.

Зі збільшенням чисельного значення зернистості, зольність продуктів лущення дещо змінювалася в сторону збільшення як для лущеного ядра так і для мучки.

Зольність ядра збільшувалася на від 0,01 % до 0,09 %, а величина зольності мучки збільшувалася від 0,51 до 1,07 %. Збільшення зольності мучки та ядра можна пояснити тим, що при збільшенні величини зернистості абразивних кругів, кількість абразивних зерен на одиницю площі поверхні збільшується, а відповідно габаритні розміри цих абразивних зерен зменшуються. Відповідно під час лущення кількість частинок зрізаних оболонок збільшується, а їх розміри зменшуються. Зменшення габаритних розмірів абразивних кругів призводить до зниження інтенсивності лущення, а саме до зменшення кількості відокремлених оболонок.

В свою чергу це вказує на те, що зі зменшенням зернистості зменшується кількість відокремлених від ядра низькозольних частинок, що і призводить до

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

збільшення зольності зі збільшенням величини зернистості. Нашими дослідженнями підтверджено, що зі зниженням зернистості абразивних кругів, індекс лушення для всіх періодів лушення зменшується. Аналогічні результати але для інших параметрів лушення отримано Верещинським О.П.

Дослідження Верещинського О.П. показали, що зольність мучки почала зменшуватися при індексі лушення 11,0 % і більше, а маса завантаженого зерна становила 0,25 кг. В наших дослідженнях зольність мучки почала зменшуватися при досягненні індексу лушення 10 %. Така відмінність наших досліджень і досліджень Верещинського О.П. може бути пояснена тим, що під час досліджень використовувалося зерно із різними структурно-механічними властивостями. В наших дослідженнях скловидність зерна пшениці становила близько 30 %, що відноситься до низькоскловидного зерна. В свою чергу низькоскловидне зерно пшениці є борошністим і володіє зменшеною міцністю в порівнянні із високоскловидними сортами пшениці.

Висновки

1. Досліджено зольність лушеного зерна пшениці та мучки в залежності від тривалості лушення та індексу лушення..
2. Встановлено, що зольність лушеного ядра в залежності від тривалості лушення змінюється лінійно.
3. Встановлено, що зольність мучки в залежності від тривалості лушення змінюється за нелінійною залежністю.
4. Встановлено, що зольність лушеного зерна та мучки в залежності від індексу лушення змінюється за аналогічними залежностями як і при дослідженнях впливу тривалості лушення.
5. З'ясовано, що характер зміни зольності лушеного ядра суттєво не залежить від зернистості абразивних кругів, але фактичні
6. Показано, що лушити зерно пшениці із індексом лушення 10 % недоцільно із-за зрізання низькозольного ендосперму в розряд мучки.

Список літератури

- 1.Верещинський О. П. Наукові основи і практика підвищення ефективності сортових хлібопекарських помелів пшениці : дис. ... докт. техн. наук. : 05.18.02 / Верещинський Олександр Павлович. – Київ : 2013. – 383 с.
- 2.Hareland, G. A. (2003). Effects of pearling on falling number and α -amylase activity of preharvest sprouted spring wheat. *Cereal Chemistry*. 80(2). pp. 232-237.
- 3.Singh, N., Singh, H. & Bakshi, M. S. (1998). Determing the distribution of ash in wheat using debranning and conductivity. *Food Chemistry*, 62(2). – pp.169-172.
- 4.Tibola, C. S., Guarienti, E. M., Dias, A. R. G., Nicolau, M., Devosm R. J. B. & Teixeira, D. D. (2019.) Effect of debranning process on deoxynivalenol content in whole-wheat flours. *Cereal Chemistry*, 96. pp.717-724.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ІНДЕКСУ ЛУЩЕННЯ ВІД ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЛУЩИЛЬНИКА ПРИ УСІХ ІНШИХ ОДНАКОВИХ ПАРАМЕТРАХ

Єремєєва О.А., к. тех. н., доцент

Уманський національний університет

Харченко Е.І., к. тех. н., доцент

Київський університет харчових технологій

Процес лущення відноситься до механічних операцій, у яких оболонки відокремлюються внаслідок дії сил різної природи: тертя та зрізу. На характер перебігу цього процесу впливають такі фактори, як міцність зчеплення оболонок з ядром, ботанічна будова зерна, його вологість, розміри, твердість та підготовленість до технологічного впливу. Тому перед лущенням зерно зазвичай піддають сортуванню та кондиціюванню, що забезпечує стабільність результатів та знижує втрати ядра.

У промислових умовах для лущення використовують широкий спектр машин, робочі органи яких створюють різні види механічного впливу. Кожна група технологій забезпечує власний механізм відокремлення оболонок – шляхом тертя, стирання, роздавлювання або поєднання декількох видів навантаження.

Сучасні виробничі лінії часто передбачають багатостадійне очищення оболонок, у якому окремі способи лущення поєднуються або застосовуються послідовно. Така організація процесу дозволяє рівномірно знімати шари оболонок, мінімізувати подрібнення ядра та оптимізувати витрати енергії.

Абразивне лущення базується на використанні робочих органів із шорсткою поверхнею, які створюють контактне зрізання оболонок. Під час обробки зерно взаємодіє з абразивною поверхнею або між собою в умовах обмеженого простору. Внаслідок цього відбувається контрольоване знімання зовнішніх шарів [1,2,3,4]. У таких машинах важливе значення має характер поверхні робочого органу, швидкість його обертання та час перебування зерна в робочій камері.

Ефективність лущення зерна пшениці значною мірою визначається не лише властивостями сировини, але й параметрами роботи машин, у яких відбувається механічне руйнування оболонок. Режими функціонування обладнання формують інтенсивність взаємодії між зерниною та робочими органами, впливаючи на ступінь відокремлення оболонок, збереженість ядра, рівномірність процесу та енерговитрати. В умовах сучасного виробництва, де прагнуть мінімізувати втрати й водночас забезпечити стабільну якість, оптимізація параметрів роботи машин стає ключовим фактором технологічної ефективності.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

Одним із визначальних параметрів є швидкість обертання робочих органів, яка задає інтенсивність механічного впливу на зернину. Зі збільшенням швидкості зростає енергія контакту та сила тертя, що прискорює руйнування оболонки. Однак надмірне підвищення швидкості призводить до утворення додаткових мікротріщин у ядрі, збільшення кількості відколів та зростання частки дрібної фракції.

Морфологічна неоднорідність зернової маси безпосередньо впливає на результати лушення. Кожен вид зернин – цілі, мікропошкоджені, тріснуті, повністю биті – реагує на механічне навантаження по-різному, що зумовлює зміну інтенсивності руйнування оболонки і поведінки зерна в робочій камері.

Найчутливішою ланкою в цій системі є биті зерна, які мають порушену оболонку та ослаблену структуру. Вони зазнають надмірного впливу навіть при помірних режимах роботи обладнання, утворюючи додаткову кількість дрібної фракції. У результаті підвищується запиленість продукту, зростають втрати маси ядра та ускладнюється відокремлення оболонки у решти зерна.

Високий вміст битих зерен змінює не лише кінцевий результат, а й сам характер процесу. Пошкоджені частки контактують з робочими поверхнями інтенсивніше, ніж цілі зернини утворюючи додатковий абразивний ефект. Це впливає на рух маси в камері, підвищуючи нерівномірність механічного навантаження. Унаслідок цього цілі зерна можуть зазнавати більш жорстких умов, ніж передбачено оптимальним режимом.

Однією з ключових причин появи битих зерен є механічні навантаження під час транспортування та переміщення сировини. При падінні зерна з висоти, ударів об жорсткі поверхні, переміщення норіями або шнеками виникають локальні напруження, які здатні порушувати структуру оболонки та викликати мікротріщини. У подальших операціях ці мікропошкодження легко трансформуються в повне руйнування зернівки.

Особливо чутливими до цього впливу є зерна зі зниженою вологістю або недостатньою еластичністю оболонки. Суттєвий вплив кількості битого зерна має і на продуктивність обладнання. Оскільки такі зернівки швидко руйнуються, процес лушення може потребувати коригування режимів, зниження інтенсивності обробки або зменшення тривалості контакту. У ряді випадків надмірна частка битих зерен призводить до нестабільності технологічного потоку, збільшення навантаження на системи очищення, зростання затрат енергії на відділення відходів та додаткове сортування.

Об'єктом досліджень є процес лушення зерна пшениці в машинах із абразивними робочими органами.

Предметом досліджень є залежність ефективності процесу лушення від швидкості обертання абразивних кругів лушильника.

Підготовку зерна пшениці здійснювали за наступною методикою.

Перед початком проведення досліджень зерно пшениці очищали в лабораторному зерноочисному сепараторі ЗЛС із набором решітних полотен.

В зерноочисному сепараторі ЗЛС були встановлені решітні полотна із такими отворами 3,0.20 мм, 2,4.20 мм та 1,8.20 мм. Проходом решітного полотна 3,0.20 мм та сходом решітного полотна 2,4.20 мм виділяли середню фракцію зерна пшениці. Ця фракція зерна в подальшому використовувалася для проведення експериментальних досліджень. Прохід решітного полотна 1,8.20 мм відправлявся у відходи. Після очищення зерна в зерноочисному сепараторі ЗЛС, зерно пшениці додатково очищалося в лабораторному аспіраційному каналі від легких домішок [5] із шириною каналу 60 мм для максимального виділення легких домішок та частково битих зерен.

Вологість зерна, його скловидність та натуру зерна, а також масу 1000 зерен пшениці визначали за загально прийнятими методиками [5]. Вологість зерна визначали відповідно за ДСТУ ISO 712:2015 «Зернові культури та продукти із них. Визначення вмісту вологи. Еталонний метод» шляхом висушування подрібненої наважки зерна у сушильній шафі протягом 60 хв при температурі 130 °С.

Масу зерна приймали в усіх дослідах незмінну і рівну 100 г. Після проведення луцення в лабораторному луцильнику УЛЗ-1, ядро пшениці та інші продукти луцення (мучка, дрібка) пропускали через лабораторний аспіраційний канал із шириною каналу 60 мм для відокремлення дрібних продукті луцення від ядра. Аспіраційний канал був налаштований таким чином, щоб у аспіраційні відноси цілі ядра не захоплювалися, а виділялися лише мучка і дрібка. Після очищення ядра від мучки та дрібки, ядро зважували і розраховували індекс луцення.

У зв'язку із тим, що експериментально дослідити вплив швидкості обертання робочих органів луцильника на ефективність луцення пшениці немає можливості із-за технічних обмежень обладнання, було прийнято рішення дослідити вплив швидкості обертання робочих органів на ефективність луцення, використовуючи повний факторний експеримент, а рівняння отримане рівняння регресії використати для визначення поміжних значень, які потрібні для побудови відповідної графічної залежності впливу швидкості обертання абразивних кругів на індекс луцення. Індекс луцення пшениці зростає зі збільшенням тривалості обробки та швидкості обертання робочих органів луцильника. Це свідчить про лінійну залежність ефективності луцення від обох факторів, що дозволяє застосовувати рівняння регресії для моделювання процесу і для прогнозування проміжних значень швидкості обертання та часу луцення.

Висновки

1. Визначено показники якості досліджуваного зерна пшениці, що були використанні для опису процесу луцення.
2. Проведено моделювання на основі повного факторного експерименту залежності індексу луцення від тривалості обробки та швидкості обертання абразивних кругів лабораторного луцильника.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

3. Встановлено залежність між індексом лушення зерна пшениці та швидкістю обертання абразивних кругів при фіксованому значенні тривалості обробки.

Список літератури

1.Верещинський О. П. Наукові основи і практика підвищення ефективності сортових хлібопекарських помелів пшениці : дис. ... докт. техн. наук. : 05.18.02 / Верещинський Олександр Павлович. – Київ : 2013. – 383 с.

2.«Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах» підготовлені колективом виконавців Київського інституту хлібопродуктів та Державної акціонерної компанії «Хліб України»: Г.Д. Крошко, В.І. Левченко, Л.Н. Назаренко, В.А. Стрій (науковий керівник), Л.Д. Щабельська. – 163 с.

3.Технологія круп'яного виробництва: навч. посібник / Є.І. Шутенко, С.М. Соц. – К.: Освіта, Україна, 2010. – 272 с.

4.Baltabaev, U. N. & Tursunkhodzhaev, P. M. (2011). The research of the effects of design factors and technological processes of the dehuller on the effectiveness of the barley dehulling. *Grain storage and processing*, 11, 65–67.

5.Barnwal, P., Singh, K. K., Mridula, D., Kumar, R. & Rehal, J. (2010). Effect of moisture content and residence time on dehulling of flaxseed. *Journal of Food Science and Technology*, 47(6), 662–667.

Секція 3. Проєктування засобів технічного забезпечення технологічних процесів малотоннажного агровиробництва

УДК 631.362.5:621.867.3

МЕТОДИКА ПРОЄКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ СПІРАЛЬНОГО ВІБРАЦІЙНОГО ЖИВИЛЬНИКА ДЛЯ ДОЗУВАННЯ ПООДИНОКОГО НАСІННЯ СОНЯШНИКУ

Черній О. А.

здобувач наукового ступеня доктора філософії ОНП «Галузеве машинобудування», старший викладач кафедри інжинірингу технічних систем. Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна.

Україна займає друге місце серед країн світу по вирощуванню насіння соняшнику [1]. Хоча цьому сприяють сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, але високі врожаї цієї сільськогосподарської культури, неможливо отримати без якісного посадкового матеріалу. Розвиток наукових досягнень по селекції й розведенню власного посівного насіння соняшнику, є для України важливим завданням. Цьому сприяє й державна політика, закладаючи це питання в ряді законодавчих ініціатив [2]. Також до першочергових завдань, по налагодженню

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

повноцінного виготовлення якісного насіння соняшнику в нашій державі, є проєктування, випробування та виготовлення технологічного оснащення для обробки генетичного матеріалу технічних культур. Насьогодні, вченими спроектовано й виготовлено пристрій автоматичного фенотипування насіння соняшнику [3]. Це дозволить суттєво підвищити якість робіт по селекції посівного насіння, максимально при цьому автоматизувавши технологічний процес. Важливим вузлом в такій машині є система видачі з накопичувальної ємності (бункеру) та дозування поодинокого насінневого матеріалу. Завдяки великій історичній практиці використання та ряду притаманних переваг, часто роль дозуючих машин в технологічних лініях, що працюють з сипкими вантажами, виконують вібраційні живильники. Тому саме спіральний вібраційний живильник використовується в системі автоматичного фенотипування насіння соняшнику, як засіб рівномірного дозування. Розглядаючи кожну насініну як частку при дослідженні її руху по робочих органах вібромашин, відмічено вплив особливостей форм насіння та його морфологічних ознак на якість та рівномірність процесу його дозування. Отже, створення та обґрунтування методики проєктування та виготовлення спірального віброживильника для дозування поодинокого насіння соняшнику в лініях автоматичного фенотипування є задачею цього наукового дослідження.

Створення вібраційного спірального чашевого віброживильника для дозування поодинокого насіння соняшнику в автоматичних лініях фенотипування проводилось за певним алгоритмом (рис.1). На першому етапі було проведено патентно-інформаційний пошук та аналіз існуючих конструкцій подібного обладнання. Спроектовано і запатентовано конструктивно-технологічну схему спірального живильника для дозування поодинокого насіння соняшнику [4]. Користуючись теоретичними основами синтезу вібраційних багатомасових машин, проведено проєктні розрахунки елементів віброживильника, обґрунтовано форми робочих органів та режими роботи віброживильника. Роботоздатність пружних елементів перевірена по критерію втомної міцності. Другий етап роботи заключавсь в створенні робочих креслень деталей віброживильника. Змістом третього етапу було проведення 3D-моделювання робочих елементів вібраційної машини за допомогою програмного пакету Siemens NX CAD. Важливим етапом по дослідженню роботоздатності віброживильника є планування та проведення чисельного моделювання процесу вібротранспортування та дозування насіння соняшнику. За результатом чисельного моделювання руху створеної DEM моделі насіння соняшнику (рис.2) по віброуючим доріжкам віброживильника, оптимізовано конструктивні параметри спірального жолоба віброживильника: кут підйому спірального жолоба, його форму та конструктивні кути нахилу стінок. Також проведено чисельне моделювання повноцінного процесу руху DEM моделей насіння по оптимізованій конструкції чаші та жолоба віброживильника. Його метою було встановлення продуктивності проєктного чашевого віброживильника та отримання оптимальних значень його режимів

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

роботи при найкращій якості дозування. Моделювання проводилось на базі програмного забезпечення Simcenter Star-CCM+. Ці роботи склали четвертий етап. Змістом п'ятого етапу являлось проектування та виготовлення складових елементів віброживильника за допомогою програмного продукту Siemens NX CAM та 3D принтера, що дозволило способом FDM (Fused Deposition Modeling) друку виготовити деталі віброживильника.

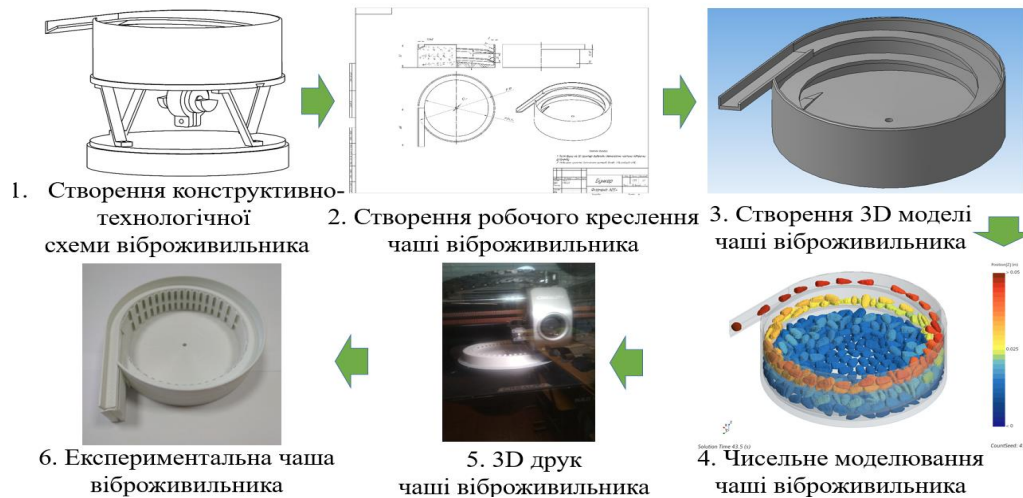


Рис. 1. Етапи проектування та виготовлення експериментального зразка вібраційного спірального живильника для дозування поодинокого насіння соняшнику

Simcenter STAR-CCM+

Simcenter STAR-CCM+

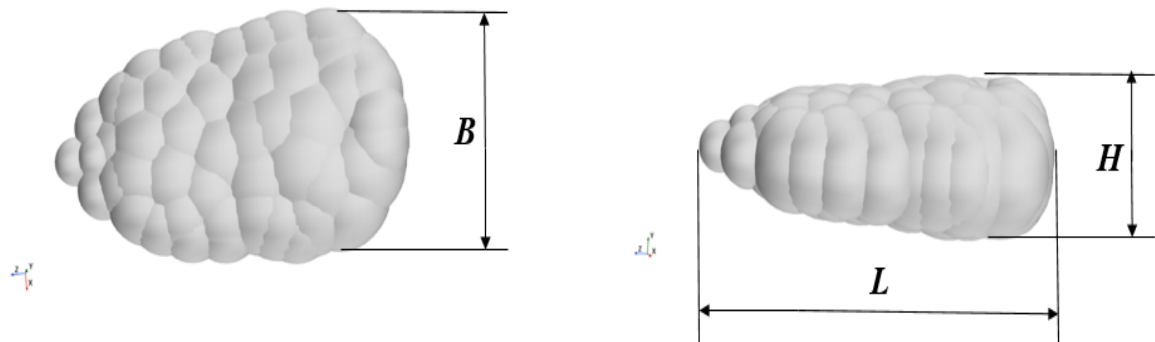


Рис. 2. Вигляд DEM моделі насіння соняшнику: L –довжина моделі, B –ширина моделі; H –товщина моделі.

На шостому етапі складено експериментальний зразок віброживильника, створена дослідна установка та виконані експериментальні дослідження, що підтвердили правильність і аналітичних розрахунків і результатів чисельного моделювання.

Правильно обрана та створена методика проектування, дослідження, виготовлення та випробування спірального віброживильника, що входить в систему автоматичного фенотипування насіння соняшнику, дозволила встановити значення його оптимальних конструктивно-технологічних

параметрів при яких якість процесу дозування відповідала б технічним умовам роботи пристрою.

Список літератури

1. Статистичні дані вирощування насіння соняшнику. USDAFAS. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/compositeViz> (дата звернення: 20.04.2026).
2. Стратегія розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року: Розпорядження Каб. Міністрів України від 15.11.2024 р. № 1163-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1163-2024-%D1%80#Text> (дата звернення: 20.04.2026).
3. Алієв Е. Б., Черній О. А., Калганков Є. В. Спіральний віброживильник : пат. на корисну модель України № 1162537, МПК (2026.01) B65G 27/00, B65G 27/02 (2006.01) / заявники та власники Алієв Е. Б., Черній О. А., Калганков Є. В. — заявл. 29.09.2025 ; опубл. 01.04.2026, Бюл. № 13.

УДК 621.762: 793.620.172

НОВІ КОМПОЗИЦІЙНІ БАГАТОШАРОВІ МАТЕРІАЛИ НА МІДНІЙ ОСНОВІ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У МАЛОТОННАЖНОМУ АГРОВИРОБНИЦТВІ

Денисенко М.І., канд., техн. наук, доцент, **Лісовський Л.В.**,
ВСП «Немішаївський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України»
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми Під композиційними матеріалами розуміють багатокомпонентні гетеро фазні матеріали , що складаються з полімерної, металевої, керамічної або іншої основи (матриці), армованої наповнювачами з волокон, ниткоподібних кристалів, тонко дисперсних частинок. Матриця надає потрібну форму деталі (виробу), впливає на формування властивостей композиційного матеріалу, захищає армовану фазу від механічних пошкоджень та інших впливів зовнішнього середовища. [1,2,3,4]

Переваги порошкової металургії у порівнянні зі звичними технологіями плавлення або литва металів, обробки тиском і наступною механічною обробкою полягає у можливості отримувати матеріали як високої чистоти та однорідності, так і складних композицій з металів і неметалів, контролювати всі стадії технологічного процесу, регулювати розміри зерна, уникати

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

стрічкових включень та сегрегованих частинок, анізотропії властивостей отриманих матеріалів та інших дефектів.

Основними технологічними операціями порошкової металургії являються отримання і підготовка порошкової суміші з металевих і неметалевих компонентів (розмелювання, подрібнення, розпилування рідкого металу), формоутворення виробів відбувається пресуванням під тиском від 200 до 1000 МПа та спікання заготовок за високої температури.

Мета роботи - розглянути та обґрунтувати використання порошкових композиційних матеріалів для виготовлення засобів технологічних процесів малотоннажного агровиробництва

Методи дослідження – інженерія поверхні («surface engineering») відноситься до одного з нових напрямків у науці і технології, що включають традиційні та інноваційні процеси модифікування поверхні деталей машин, і створюють на неї композиційні матеріали з властивостями, що відрізняються від властивостей основного матеріалу. Підготований для узгодження з замовником проект технічної документації на виготовлення порошкових сумішей КХЖ50 і КХЖ85 і молотків кормоподрібнювачів з них. Виготовлена дослідницька партія молотків кормоподрібнювачів для детальних експлуатаційних випробувань., кормодробарки КДУ – 2,0 «Українка», ДКМ – 5, ДЗ – 3 (ДБ – 5 -1) з механізованим завантаженням і вивантаженням продукту.

Попередні випробування підтвердили, що виготовлення деталей машин зі шаровою робочою частиною, забезпечує ефект самозагострювання за рахунок регулюючої різниці у зносостійкості робочих граней та серцевини. Виготовлена дослідницька партія молотків кормодробарок (рис.2., рис.3), армованих пластинами зі сплаву КХНФ15. Модульні пластини паялися, або приварюються на сталевий корпус молотка будь якого перерізу.

У сталі присутня велика кількість (25-30%) надмірної карбідної фази (M_7C_3) при всіх режимах термічної обробки. Загартування сталі здійснюється у мастилі за температури в межах (1050 - 1200° С) та наступного низького відпускання при (150-180° С). твердість поверхні складає HRC 61-63. Конструкція ножа с самозагострювальною ріжучою крайкою забезпечує високу ступінь і якість подрібнення продукту, відповідно зоотехнічним вимогам. Здійснили дослідження впливу температури спікання на структуру та властивості зразків карбідо сталі $X13M2 - Cr_3 C_2 - B_4 C$ дозволило встановити, що використання спікання у вакуумі дозволяє отримати карбідосталі з достатнім рівнем фізико-механічних властивостей. (кормоподрібнювач БМК – 1).

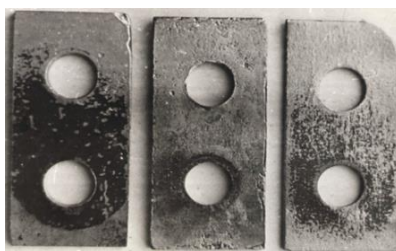
Результати досліджень

Розроблена ескізна конструкторська документація на експериментальні зразки робочих органів сільськогосподарських машин, зміцнених новими складами порошкових твердих сплавів. Здійснено перехід від традиційного методу пошуку оптимального складу твердих сплавів, заснованого на засадах варіації різних їх композицій (з ціллю поетапного наближення до кращого

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

варіанту), і конструювання оптимальних структур твердих сплавів на основі прогнозування властивостей неоднорідної структури від опису її мікроскопічних складових та будови зламів на міцність, зносостійкість, опір передчасному руйнуванню матеріалу [1,4].

Експериментальні молотки кормодробарок виготовлялися методом гарячого штампування поруватих заготовок, котрий дозволяє підвищити коефіцієнт використання матеріалу з 55 до 98%, і відповідно значно скоротити затрати від механічної обробки виробів. Зовнішній шар молотків (рис.1, Е) складається з порошків сплаву КХЖ-40 (карбід хрому 40% та порошок заліза 60%), і має твердість HRC 60...65, а внутрішній несучий шар складається з порошків заліза 98% і графіту 2%. Товщина молотків після штампування дорівнює 5,8...6 мм, товщина зносостійкого шару 1,5 мм. [2, 3]



Б Е С

Рисунок 1. Характер зносу молотків дробарки кормів КДУ-2,0 (ДБ-5) після подрібнення 150 тон ячменю: С-серійний молоток зі сталі 65Г, товщина - 4 мм;

Е-експериментальний молоток зі сплаву КХЖ40, товщина - 6 мм; Б-базовий молоток зі сталі 65Г, товщина - 6 мм

Після гарячого штампування структура робочого шару відповідає структурі твердого сплаву з залізною зв'язкою. Високі значення твердості і міцності на стискання сплавів $X13M2 - Cr_3C_2 - W_4C$ дозволяє рекомендувати їх для виготовлення деталей, що працюють в умовах абразивного зносу, зокрема, робочих органів для приготування повнораціонних комбікормів з рибною кормовою добавкою (рис.2,рис.3, рис.4). В Україні освоєна велика номенклатура виробів конструкційного призначення із матеріалів, легованих міддю, нікелем, молібденом, технології виробництва нанопорошків.

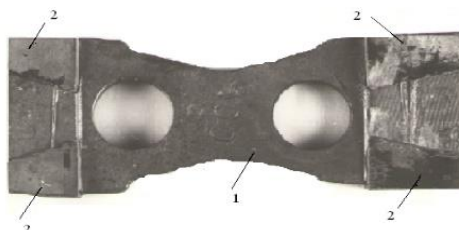


Рисунок 2. Конструкція молотка-модуля (основа 1-сталь Ст.3, сталь 45; 2-модульні пластини – вставки з порошкового композиційного матеріалу(КХЖ70, КХНФ15.); кормодробарка ДБ-5 (ДЗ-3), КДУ-2,0

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine



Рисунок 3. Конструкція молотка-модуля установки для приготування повнораціонних кормів БМК-1, УМК-Ф-2, армований змінними вставками (пластинами) з карбідосталі Х13М2- Cr_2C_3 - V_4C [4]

Характеристики міцності порошкових конструкційних матеріалів підвищуються при легуванні залізної основи сплаву, однією з найпоширеніших легуючих домішок є хром. Ефективним способом отримання високоміцних порошкових матеріалів є просочення пористих заготовок із заліза, залізграфіту або залізо марганцю рідкою міддю або латунню [2].



Рисунок 4. Конструкція ножа подрібнювача для приготування розсипних кормо сумішей з самозагострювальною ріжучою крайкою, виготовляється з експериментального порошкового матеріалу

Основа нового композиційного матеріалу – карбід титану, в якості зв'язки використовуємо нікель – хромовий сплав. Технологічний процес виготовлення включає: змішування порошків, формування заготовок (пресування), спікання, термообробка готових пластин-вставок, їх заточування. [1,4]. З ціллю уточнення характеру зношування і отримання достовірних результатів у комплект включені два експериментальних ножа, розташованих на протилежних крайках ротора подрібнювача. При експлуатації ножів з нанесеним захисним покриттям відбувається постійне відновлення ріжучої здатності за рахунок спрацювання більш м'якої металевої матриці покриття і матеріалу ножа (молотка). Таким чином, ріжуча крайка ножа зі захисним покриттям працює за ефектом самозагострювання.

Висновки

Використання без вольфрамових твердих сплавів та багат шарових порошкових композиційних матеріалів у вигляді армуючих пластин – вставок і покриттів дозволяє у 10...13 разів збільшити терміни служби молотків

кормодробарок, бил відцентрових подрібнювачів та інших швидкозношуваних деталей сільськогосподарської техніки.

Список літератури

1. Конструкційні металокерамічні деталі. / Інститут проблем матеріалознавства НАН України. Видавництво «Реклама» Київ, 1990.
2. Мудрук А.С. Повышение долговечности машин и оборудования, работающих в условиях интенсивного износа // А.С. Мудрук, Н.И. Денисенко, М.В. Киндрачук УкрНИИТИ. Сер.Технология и оборудов. По обраб. Металлов; К.: Вып.3 1990. 44 с.
3. Шамрай В.Б., Мікосянчик О.О., Лопата Л.А., Голембієвський Г.Г., Горб С.С. Композиційні матеріали для зносостійких покриттів деталей сільськогосподарських машин / В.Б.Шамрай, О.О.Мікосянчик, Л.А.Лопата, Г.Г. Голембієвський, С.С.Горб // Проблеми тертя та зношування. – 2023, 1 (98), Київ. С.4-13.
4. Маслюк В.А. Зміцнення швидкозношувальних поверхонь робочих органів сільськогосподарських машин безвольфрамовими твердими сплавами І Маслюк В.А., Яковенко Р.В., Денисенко М.І.-К: Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК/ 2013.-Вип.185,ч.1. С.42-57.

UDK 664.8

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE DRYING PROCESS THROUGH THE USE OF RECIRCULATION DRYERS

Palianychka Nadiia, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kovalyov Alexandr, Candidate of Technical Sciences

Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University

In the modern food industry, one of the key tasks is to ensure long-term storage of products with minimal energy consumption while preserving their consumer properties. In this context, the drying process is of particular relevance as an effective preservation method based on the removal of moisture from food raw materials to a level that prevents the development of microflora and the occurrence of undesirable biochemical processes [1].

Drying is widely used in the processing of fruits, vegetables, cereal crops, meat, fish, and dairy raw materials, ensuring the production of goods with a long shelf life and convenient logistical characteristics. A crucial role in the implementation of this process is played by technological equipment, which determines the intensity of heat and mass transfer, the uniformity of moisture removal, and the quality of the final product. In food industry practice, various types of dryers are used, including convective, spray, drum, belt, vacuum, and freeze-drying units, each of which has its own design features and areas of rational application.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

Particular attention is paid to the issue of energy efficiency of the drying process, as it is one of the most energy-intensive operations in the food industry. Increasing the efficiency of drying equipment is achieved through the optimization of operating modes, intensification of heat and mass transfer, the use of heat carrier recirculation, the implementation of heat pumps, as well as the improvement of the design of working elements. This makes it possible to reduce specific energy consumption and increase the productivity of installations without compromising product quality.

Compared to traditional preservation methods such as sterilization or pasteurization, drying has a number of advantages, including a reduction in the mass and volume of the product, simplification of transportation and storage conditions, as well as the possibility of long-term storage without the use of hermetic packaging. In addition, when properly selected technological parameters are applied, a high level of preservation of the nutritional and biological value of the product is ensured.

In the context of implementing the above-mentioned advantages, the selection of efficient drying equipment becomes of significant importance. Among the modern variety of dryers, it is advisable to distinguish recirculation units, which are characterized by increased energy efficiency and wide practical application [2]. Their popularity is due to the possibility of rational use of thermal energy, which contributes to reducing operating costs and increasing the overall efficiency of the drying process.

The use of recirculation dryers ensures a reduction in energy consumption during the drying process, which is achieved due to the placement of the cooling element directly in the air flow. This design feature contributes to a decrease in the humidity of the drying agent and intensification of the moisture removal process from the product. In addition, the organization of air recirculation makes it possible to reduce the total energy consumption required for the implementation of the technological process.

Figure 1 shows the structural diagram of a recirculation dryer [3]. It consists of a fan, a cooler, a branch pipe for condensate removal, an air duct that provides the connection between the cooler and the air heater, an air heater designed as a condenser of the refrigeration unit, an additional condenser, a connecting branch pipe, a perforated base of the drying chamber, the housing, as well as a recirculation air duct. The fan together with the cooler are installed at the inlet of the unit, while the cooler performs the function of the evaporator of the refrigeration unit. The branch pipe intended for condensate removal is located in the lower part of the air duct. The air heater, structurally implemented as a condenser of the refrigeration machine, is installed before the inlet to the drying chamber. The outlet of the chamber is connected to the recirculation air duct, through which the air returns to the fan for reuse.

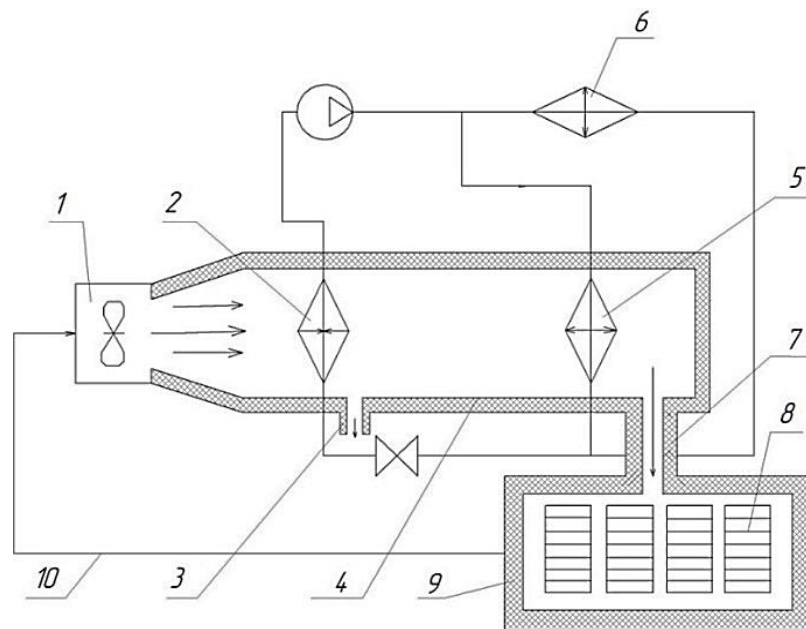


Fig. 1. Schematic representation of the operating principle of a recirculation drying unit:

1 – blower (fan); 2 – cooling heat exchanger; 3 – condensate discharge line; 4 – air supply duct; 5 – air heating device; 6 – main circuit condenser; 7 – connecting element (branch pipe); 8 – perforated support surface; 9 – drying chamber; 10 – air recirculation duct.

Under the action of the fan, the air flow is directed through the cooler, after which it enters the air heater. The cooler functions as the evaporator of the refrigeration unit. When the air temperature decreases after passing through the cooler to values below the dew point, excess moisture condenses in the form of droplets. The formed condensate is removed through a branch pipe located in the lower part of the air duct that connects the cooler with the air heater. The air dehumidified in this way enters the air heater, which is structurally designed as a condenser of the refrigeration machine. To ensure stable operation of the refrigeration system, an additional heat exchange unit – a condenser – is provided.

After the heating stage, the air with a reduced level of relative humidity is supplied through the branch pipe and the perforated support into the internal volume of the drying chamber. The formation of a dry air environment ensures intensive evaporation of moisture from the processed material, which is removed from the chamber together with the air flow. Part of the exhaust air is directed through the recirculation air duct back to the fan, which allows the thermal energy of the air flow to be reused and increases the overall efficiency of the process.

Thus, the application of recirculation drying units is an effective direction for improving drying processes in the food industry. The use of the air recirculation principle makes it possible to significantly reduce specific energy consumption due to the reuse of thermal energy, and also ensures the stability of the process technological parameters. At the same time, a high level of final product quality is achieved due to the intensification of mass transfer processes and optimization of drying conditions.

The obtained results indicate the expediency of implementing such drying units in industrial practice and the necessity of further improvement of their design in order to increase energy efficiency.

References

1. Palianychka N.O., Verkholtantseva V.O., Tsyb V.G. Method of drying fruit and vegetable raw materials. Modern scientific research on the way to European integration: Proceedings of the International Scientific and Practical Forum (June 21–22, 2019). TSATU. Melitopol, 2019. Part 1. pp. 102–104.
2. Waskale H.S., Bhote S.B., Bhong M.G. Effect of Air Recirculation in the Energy Saving During Drying Process of Fruits, Vegetables and Grains: A Review // International Journal on Theoretical and Applied Research in Mechanical Engineering. 2017. Vol. 6, Issue 1–2. P. 154-156.
3. Recirculation dryer: Utility model patent 125145. Ukraine, F26B 9/00. No. u201712982; appl. 27.12.2017; publ. 25.04.2018; Bull. No. 8/2018.

УДК 664.8

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ СУШАРОК

Паляничка Надія, кандидат технічних наук, доцент

Ковальов Олександр, кандидат технічних наук

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

У сучасній харчовій промисловості одним із ключових завдань є забезпечення тривалого зберігання продукції з мінімальними енергетичними витратами при збереженні її споживчих властивостей. У цьому контексті особливої актуальності набуває процес сушіння як ефективний метод консервування, що ґрунтується на видаленні вологи з харчової сировини до рівня, який запобігає розвитку мікрофлори та виникненню небажаних біохімічних процесів [1].

Сушіння широко застосовується під час переробки фруктів, овочів, зернових культур, м'ясної, рибної та молочної сировини, забезпечуючи виробництво продукції з тривалим терміном зберігання та зручними логістичними характеристиками. Важливу роль у реалізації цього процесу відіграє технологічне обладнання, яке визначає інтенсивність тепло- і масообміну, рівномірність видалення вологи та якість кінцевого продукту. У практиці харчової промисловості використовуються різні типи сушарок, зокрема конвективні, розпилювальні, барабанні, стрічкові, вакуумні та сублімаційні установки, кожна з яких має власні конструктивні особливості та сфери раціонального застосування.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

Особлива увага приділяється питанням енергоефективності процесу сушіння, оскільки він є однією з найбільш енергоємних операцій у харчовій промисловості. Підвищення ефективності сушильного обладнання досягається шляхом оптимізації режимів роботи, інтенсифікації тепло- і масообміну, використання рециркуляції теплоносія, впровадження теплових насосів, а також удосконалення конструкції робочих елементів. Це дає змогу зменшити питомі витрати енергії та підвищити продуктивність установок без погіршення якості продукції.

Порівняно з традиційними методами консервування, такими як стерилізація або пастеризація, сушіння має низку переваг, серед яких зменшення маси й об'єму продукту, спрощення умов транспортування та зберігання, а також можливість тривалого зберігання без використання герметичної упаковки. Крім того, за умови правильного підбору технологічних параметрів забезпечується високий рівень збереження харчової та біологічної цінності продукції.

У контексті реалізації зазначених переваг особливого значення набуває вибір ефективного сушильного обладнання. Серед сучасного різноманіття сушарок доцільно виділити рециркуляційні установки, які характеризуються підвищеною енергоефективністю та широким практичним застосуванням [2]. Їх популярність зумовлена можливістю раціонального використання теплової енергії, що сприяє зменшенню експлуатаційних витрат та підвищенню загальної ефективності процесу сушіння.

Використання рециркуляційних сушарок забезпечує зниження енергоспоживання під час процесу сушіння, що досягається завдяки розміщенню охолоджувального елемента безпосередньо в повітряному потоці. Така конструктивна особливість сприяє зменшенню вологості сушильного агента та інтенсифікації процесу видалення вологи з продукту. Крім того, організація рециркуляції повітря дає змогу скоротити загальні витрати енергії, необхідні для реалізації технологічного процесу.

На рисунку 1 наведено конструктивну схему рециркуляційної сушарки [3]. Вона складається з вентилятора, охолоджувача, патрубків для відведення конденсату, повітропроводу, що забезпечує з'єднання між охолоджувачем і повітрянагрівачем, повітрянагрівача, виконаного у вигляді конденсатора холодильного агрегату, додаткового конденсатора, з'єднувального патрубка, перфорованої основи сушильної камери, корпусу, а також рециркуляційного повітропроводу. Вентилятор разом з охолоджувачем встановлені на вході установки, при цьому охолоджувач виконує функцію випарника холодильного агрегату. Патрубок для відведення конденсату розташований у нижній частині повітропроводу. Повітрянагрівач, конструктивно реалізований як конденсатор холодильного агрегату, встановлений перед входом у сушильну камеру. Вихід камери з'єднаний з рециркуляційним повітропроводом, через який повітря повертається до вентилятора для повторного використання.

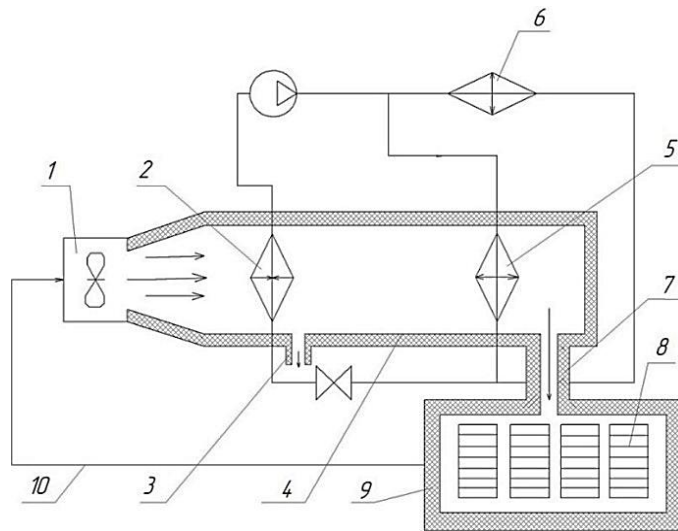


Рис. 1. Схематичне зображення принципу роботи рециркуляційної сушильної установки: 1 – вентилятор; 2 – охолоджувальний теплообмінник; 3 – лінія відведення конденсату; 4 – повітропровід подачі повітря; 5 – повітронагрівач; 6 – конденсатор основного контуру; 7 – з’єднувальний елемент (патрубок); 8 – перфорована опорна поверхня; 9 – сушильна камера; 10 – рециркуляційний повітропровід.

Під дією вентилятора повітряний потік спрямовується через охолоджувач, після чого надходить до повітронагрівача. Охолоджувач функціонує як випарник холодильного агрегату. При зниженні температури повітря після проходження через охолоджувач до значень нижче точки роси надлишкова волога конденсується у вигляді крапель. Утворений конденсат відводиться через патрубок, розташований у нижній частині повітропроводу, що з’єднує охолоджувач із повітронагрівачем. Осушене таким чином повітря надходить у повітронагрівач, конструктивно виконаний як конденсатор холодильного агрегату. Для забезпечення стабільної роботи холодильної системи передбачено додатковий теплообмінний елемент – конденсатор.

Після етапу нагрівання повітря зі зниженим рівнем відносної вологості через патрубок і перфоровану основу подається у внутрішній об’єм сушильної камери. Формування середовища сухого повітря забезпечує інтенсивне випаровування вологи з оброблюваного матеріалу, яка видаляється з камери разом із повітряним потоком. Частина відпрацьованого повітря через рециркуляційний повітропровід спрямовується назад до вентилятора, що дозволяє повторно використовувати теплову енергію повітряного потоку та підвищує загальну ефективність процесу.

Таким чином, застосування рециркуляційних сушильних установок є ефективним напрямом удосконалення процесів сушіння у харчовій промисловості. Використання принципу рециркуляції повітря дає можливість суттєво знизити питомі енергетичні витрати за рахунок повторного використання теплової енергії, а також забезпечує стабільність технологічних

параметрів процесу. Одночасно досягається високий рівень якості кінцевого продукту завдяки інтенсифікації процесів масообміну та оптимізації умов сушіння. Отримані результати свідчать про доцільність впровадження таких сушильних установок у промислову практику та необхідність подальшого вдосконалення їх конструкції з метою підвищення енергоефективності.

Список літератури

1. Паляничка Н.О., Верхоланцева В.О., Циб В.Г. Спосіб сушіння плодовоовочевої сировини // Сучасні наукові дослідження на шляху до європейської інтеграції: матеріали Міжнародного науково-практичного форуму (21–22 червня 2019 р.). – Мелітополь: ТДАТУ, 2019. – Ч. 1. – С. 102–104.

2. Waskale H.S., Bhote S.B., Bhong M.G. Вплив рециркуляції повітря на енергозбереження під час сушіння фруктів, овочів і зерна: огляд // International Journal on Theoretical and Applied Research in Mechanical Engineering. – 2017. – Vol. 6, Issue 1–2. – С. 154–156.

3. Рециркуляційна сушарка: патент України на корисну модель №125145, МПК F26B 9/00 / заявл. №u201712982; заявл. 27.12.2017; опубл. 25.04.2018, Бюл. №8/2018.

УДК 621.9.048.7:621.373.826:631.3:629.081

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОГО ЗМІЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Ковальчук Ю. О.

кандидат технічних наук, доцент

Уманський національний університет

Сучасний розвиток агропромислового комплексу вимагає впровадження високоефективної сільськогосподарської техніки, робочі органи якої працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування, корозійного впливу та значних механічних навантажень. Одним із ключових матеріалів для виготовлення таких деталей є корозійностійка хромиста сталь 40X13, яка поєднує в собі високу міцність та стійкість до агресивних середовищ.

Сталь 40X13 широко використовується для виготовлення деталей, що безпосередньо контактують із біологічними та мінеральними середовищами, де звичайна конструкційна сталь швидко втрачає свої експлуатаційні властивості через корозію. Зокрема, дана сталь застосовується для виробництва різальних вузлів збиральної техніки (ножі жаток, сегменти косарок та подрібнювачів комбайнів); деталей насосів та арматури для обприскувачів при внесенні рідких добрив та пестицидів; елементів ґрунтообробних знарядь, які працюють у вологих та кислих ґрунтах, де необхідний захист від корозії; деталей обладнання для переробки продукції (вали, шнеки, ножі сепараторів), де вимагається висока чистота поверхні та гігієнічність матеріалу.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

Традиційні методи об'ємного термічного загартування не завжди дозволяють досягти оптимального поєднання твердості різальної кромки та в'язкості основи деталі. Більше того, вони часто супроводжуються значними термічними поводками (деформаціями). Лазерне зміцнення виступає як прогресивна альтернатива, що дозволяє локально підвищити зносостійкість робочих поверхонь без зміни властивостей всього масиву деталі [1–5].

В даному дослідженні здійснювалась розробка та перевірка комплексної математичної моделі теплових процесів при лазерній обробці сталі 40X13 для визначення раціональних технологічних режимів, що забезпечують максимальну глибину зміцнення без оплавлення поверхні.

Внаслідок теоретичних досліджень моделі в широкому діапазоні параметрів було отримано розв'язання проблеми нестационарної теплопровідності.

Основним критерієм оцінки результатів виступала конфігурація температурного поля та досягнення критичних точок фазових перетворень при сталій швидкості сканування $v=0,6$ м/хв.

На початковому етапі досліджено режим із радіусом лазерної плями $r_H = 2$ мм. Тут спостерігається формування широкої, але відносно «холодної» зони нагріву. Максимальне значення температури фіксується на рівні 1192 °С. Хоча цей показник перевищує точку повної аустенізації ($A_{c3} \approx 870$ °С), градієнт температур углиб матеріалу є недостатнім для забезпечення критичної швидкості охолодження.

Розподіл енергії по великій площі призводить до низької щільності теплового потоку. Це обмежує глибину гартованого шару та може не забезпечити необхідну швидкість відводу тепла вглиб тіла для формування дрібнодисперсної структури мартенситу.

При зменшенні радіуса плями до $r_H = 1$ мм характер теплових процесів радикально змінюється. Тут концентрація потужності призводить до різкого стрибка температури в центрі зони впливу до $1706,3$ °С. Оскільки це значення суттєво перевищує точку ліквідусу для сталі 40X13 ($T_L \approx 1510$ °С), спостерігається інтенсивне плавлення поверхні. Відбувається видовження ізотерм у напрямку, протилежному вектору руху лазера. Це вказує на інтенсивну акумуляцію теплової енергії в локальній зоні впливу, що призводить до формування сталого термічного шлейфу.

Такий режим супроводжується ризиком випаровування легуючих елементів та порушенням мікрогеометрії поверхні. Формування зони масивного розплаву є небажаним технологічним фактором, оскільки це зумовлює необхідність додаткових фінішних операцій для відновлення геометрії поверхні.

Аналіз поздовжніх перерізів моделі дозволив встановити характер розподілу ізотерм у глибину матеріалу та оцінити просторову конфігурацію термічно значущої зони.

На перерізах чітко видно, що активна термічна зона обмежена приповерхневим шаром товщиною до 1–1,5 мм. Синя область на моделях підтверджує, що основний об'єм деталі зберігає початкову температуру (близько 19–20 °С), виконуючи роль масивного теплообмінника.

Саме такий контраст температур між «гарячою плямою» та холодним ядром деталі є фізичною передумовою для реалізації ефекту самозагартування.

Порівняльний аналіз отриманих візуалізацій вказує на існування технологічного протиріччя: при $r_H = 2$ мм спостерігається енергетичний дефіцит для отримання глибоких зміцнених шарів, а при $r_H = 1$ мм виникає критичний перегрів із переходом у фазу розплаву.

Це зумовлює наукову необхідність пошуку інтерполяційного значення радіуса, яке б забезпечило максимальну температуру в діапазоні 1400–1500 °С. Такий режим дозволить максимально наблизитися до межі плавлення для інтенсифікації дифузійних процесів у аустеніті, але зберегти твердофазний стан поверхні.

В роботі було визначено, що оптимальним для даної задачі є значення $r_H = 1,5$ мм, за якого й здійснювались подальші дослідження технологічного процесу лазерного зміцнення.

Отже, отримані результати на основі теплофізичних властивостей сталі 40X13 дозволяють визначити оптимальні режими термообробки (зокрема, режим $r_H = 1,5$ мм, $T \approx 1480$ °С), які забезпечують повну аустенітизацію без ризику випаровування легуючих елементів.

Список літератури

1. Xu L., Li M., Song Z., Li F., Guo J., Gao M. WC-High Entropy Alloy Reinforced Long Life Self-Grinding Silage Knife Prepared by Laser Cladding. *Nanomaterials*. 2022. Vol. 12(6). 1013. <https://doi.org/10.3390/nano12061013>
2. Ковальчук Ю.О., Пушка О.С., Войтік А.В. Застосування легуючих матеріалів та поглинаючих покриттів при лазерному зміцненні деталей автомобільного транспорту. *Сільськогосподарські машини*. 2023. Вип. 49. С. 99–104. <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1026>
3. Афанасьєва О.В., Лалазарова Н.О., Федоренко Є.П. Лазерна поверхнева обробка матеріалів: монографія. Харків: ФОП Панов А.М., 2020. 100 с.
4. Ковальчук Ю.О., Пушка О.С., Войтік А.В., Ковальчук А.О. Підвищення зносостійкості деталей автомобільного транспорту в АПК шляхом застосування лазерного наплавлення. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. № 1 (116). С. 25–31. <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2022-1-3>
5. Dobras D., Rutkowska-Gorczyca M. The use of color etching to study the microstructure of laser welded steel used in the automotive industry. *Materials Testing*. 2019. Vol. 61(11). P. 1087–1094. <https://doi.org/10.3139/120.111424>

ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОСТОРОВА ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЕКСТРУДЕРІВ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ АГРОСИРОВИНИ

Гонта Д. В.

викладач-стажист, магістр,

Уманський національний університет

Актуальність завдань підвищення ефективності екструзійних процесів у переробці агросировини зумовлена необхідністю мінімізації енерговитрат та забезпечення стабільної якості кінцевих продуктів. Використання систем двошнекових реакторів дозволяє реалізувати процеси біомаси з високою контрольованістю параметрів, що підтверджується дослідженнями конструктивних особливостей реакторного обладнання [1].

Методологічною основою роботи є використання методів чисельного моделювання (CFD) та комп'ютерного проектування. Для опису поведінки складних реологічних середовищ, зокрема крохмалевмісних мас, застосовується валідація моделей, що дозволяє прогнозувати динаміку потоків у міжвитковому просторі шнеків [3]. Додатково було проаналізовано підходи до делігніфікації біомаси, де просторова оптимізація геометрії робочих органів безпосередньо впливає на характеристики екструдату [2].

Матеріали та методи. Дослідження базується на інтеграції методів обчислювальної гідродинаміки та алгоритмів параметричного моделювання робочих органів екструдерів. При підготовці даного тексту було використано генеративний штучний інтелект як інструмент для структурування наукової інформації, стилістичного редагування та форматування бібліографічних посилань відповідно до визначених стандартів. Самостійний аналіз та інтерпретація результатів, а також формування наукової новизни виконано автором особисто.

Просторова оптимізація геометрії шнеків дозволяє досягти рівномірного розподілу тиску та температури, що є критичним для забезпечення екологічної безпеки виробництва. Впровадження методів тривимірного моделювання скорочує час на етап прототипування та дозволяє ефективніше налаштовувати процеси делігніфікації агросировини.

Особливу увагу в межах просторової оптимізації варто приділити аналізу кута нахилу витків та зазору між гребенями шнеків і корпусом екструдера. Використання CAD-систем у поєднанні з ітераційним CFD-аналізом дозволяє виявити зони локального перегріву та надмірного зсувного напруження, що безпосередньо впливає на енергоефективність процесу та біодеградаційні властивості отриманого продукту. Такий підхід забезпечує проектування робочих органів з урахуванням реологічних характеристик конкретного виду

агросировини, що є ключовим фактором для переходу до концепції безвідходного виробництва.

Висновки. Застосування сучасних методів 3D-моделювання та CFD-аналізу є необхідною умовою для проектування високоефективних робочих органів екструдерів. Оптимізація геометрії дозволяє зменшити негативний антропогенний вплив на довкілля шляхом покращення показників переробки вторинної агросировини.

Список літератури

1. Bose D., Mekala A., Kapoor L. Twin screw reactor design for biomass pyrolysis. *World Scientific News*. 2016. Vol. 49, no. 2. P. 321–334.
2. Konan D., Ndao A., Koffi E., Elkoun S., Robert M., Rodrigue D., Adjallé K. Optimization of biomass delignification by extrusion and analysis of extrudate characteristics. *Waste*. 2025. Vol. 3, no. 2. 12 p.
3. Tagliavini G., Solari F., Montanari R. CFD simulation of a co-rotating twin-screw extruder: Validation of a rheological model for a starch-based dough for snack food. *Proceedings of the International Food Operations and Processing Simulation Workshop*. 2016. P. 32–37.

УДК 631.362/.365:634/635

НАПРЯМИ ТЕХНІЧНОГО ОНОВЛЕННЯ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ПЕРВИННОЇ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДООВОЧЕВИХ КУЛЬТУР

Пастушенко С.І., Пастушенко А.С.

доктор технічних наук, професор; кандидат технічних наук

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

В Україні виникла об'єктивна необхідність повернення втраченої останніми роками репутації однієї з провідних країн, що виробляє і споживає достатню кількість овоче-баштанної продукції, яка є джерелом здоров'я та має безпосередній вплив на рівень тривалості життя та працездатності населення.

Хоча одержані результати огляду структури собівартості вирощування такою продукції не містять єдиного відсоткового показника для всіх культур, вони визначають насіння, як відчутну частину матеріальних витрат у складі виробничої собівартості. А витрати на насіння овоче-баштанних культур при вирощуванні у відкритому ґрунті, вагомішими у структурі прямих матеріальних витрат, порівняно з посівним матеріалом при вирощуванні у закритому ґрунті.

Разом з тим, одною з головних проблем виробництва цих культур, є технологічний процес отримання кондиційного насіння з погляду на значні витрати людської праці й часу. До того ж наявний в Україні парк машин для відокремлення й доробки насінневого матеріалу овоче-баштанних культур, спрямований на підвищення ефективності такої роботи, потребує розвитку й вдосконалення. Особливо важливим елементом цієї проблеми є те, що часи спеціалізованих насінневих господарств вже пішли, але Україна не спромоглася

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

надати імпульс розвитку новітнього технологічного обладнання для фермерів, яке б забезпечувало власне виробництво насіння овоче-баштанних культур.

Теоретичні, експериментальні дослідження й виробничі випробування окремих зразків таких машин, в різній мірі, проводилися співавторами цієї доповіді, за результатами яких було підготовлено до захисту й захищено 4 дисертаційні роботи на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Їх тематика була пов'язана з: розробкою та обґрунтуванням технологічних параметрів сепаратора насіння; обґрунтуванням технологічного процесу, параметрів та режимів роботи машин для виділення насіння; обґрунтуванням технологічного процесу і параметрів комплексу машин для доробки насінневої маси овоче-баштанних культур. Культури під які розроблялися окремі машини в складі цих досліджень – це кавун, диня, огірок, солодкий та гострий перець.

Експериментальні дослідження, як елемент виконаних дисертаційних робіт, проводилися у два етапи: по-перше, визначалися механіко-технологічні властивості плодів, властивості технологічної насінневої маси та насіння овоче-баштанних культур: по-друге, проводилися дослідження технологічного процесу виділення насіння та доробки технологічної насінневої маси на експериментальних зразках машин в лабораторних та польових умовах.

Згодом, у зв'язку із цілим рядом обставин, на цьому етапі призупинився комплекс заходів із розробки конструкторської та технологічної документації, виготовлення та випробування робочого прототипу з наступним коригуванням документації та вдосконаленням зразка, що перетворює теоретичні розробки на готовий до використання продукт, виконаний за технічним завданням. Така робота у довоєнні роки проводилася на рівні консультацій та узгодження спільних дій з науково-виробничою компанією "РОСТА" (м. Мелітополь), виробнича база якою опинилася на тимчасово окупованій території Запорізької області, і компанією «Владам-Юг» (Жовтневий район, Миколаївська область), що понад 25 років є ексклюзивним дистриб'ютором французького насіння овочів НМ.Clause, яку з початком війни було релоковано в іншу область [1].

Зважаючи на окреслений вище стан справ з означеним комплексом машин, вбачаємо, що одним з актуальних напрямків повоєнної практики має стати усунення недоліків, виявлених під час випробування дослідних зразків, реалізація технологічного контролю конструкції з метою зниження собівартості та спрощення складання, проектування та виготовлення пристроїв необхідних для тиражування зразків машин в межах невеликої дослідно-серійної партії, організація технічного нагляду та сертифікації, розробка інструкцій з експлуатації, технічного обслуговування, каталогів деталей, що замінюються.

Первинна переробка плодів овоче-баштанних культур здійснюється за такими основними напрямками: на насінневий матеріал, на технічні цілі та комплексна переробка. Переробка за першими двома напрямками призводить до значних втрат м'якоті та соку, бо вони в цих випадках утилізуються як відходи виробництва. Бачимо раціональним та перспективним шляхом, спрямування й зосередження науково-дослідних пошуків й проектно-конструкторських робіт

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur "Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises", May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

не лише на проблемі підвищення якості насіння та економічної привабливості розроблених технологічних процесів відділення й доробки насіннєвого матеріалу овоче-баштанних культур, а й на завданні більш глибокої первинної переробки цих культур задля використання їх плодів у харчовій промисловості.

Характерним прикладом перероблювання плодів на технічні цілі може слугувати одержання насіння гарбуза. Цей виробничий процес зазвичай не використовує безвідходну технологію, яка дозволяє не тільки отримати цінне насіння, але відмовитися від утилізації м'якоті та соку, як відходів виробництва та використовувати їх для виготовлення цукатів, концентрованого соку, різних харчових добавок для кулінарії тощо. Кірка гарбуза є цінним джерелом для одержання пектинових речовин. Якщо кавун і диня, зважаючи на терміни зберігання, як правило, використовуються у вигляді їстівних плодів, гарбуз дозволяє розширити межі його первинної переробки, маючи більш тривалий термін зберігання. Як негатив, належить відзначити високу трудомісткість його післязбиральної переробки для отримання очищеної м'якоті та продуктів з неї.

Ще одним напрямом розширення сфер застосування продуктів утилізації відходів від виділення насіння овоче-баштанних культур є виготовлення ферментованих (брожених) соків огірків, динь та кавунів, які являють собою цінний продукт, багатий на пробіотики, ферменти та мінерали [2]. Вони мають високу біологічну активність і перспективу щодо використання в: харчуванні та для здоров'я, овочівництві та садівництві (для підживлення рослин й активізації ґрунту), косметології тощо. Це санкціонує міждисциплінарний підхід для комплексної переробки овоче-баштанних культур, поєднуючи у спільну тему наукові дослідження різних спеціальностей, зокрема агроінженерії та біології.

При виділенні насіння за відомими технологічними схемами відбувається його втрата разом з технологічною масою насінників, що складається з м'якоті, шкірки, мезги, слизових включень тощо, які видаляються у відходи. Обсяги втрат кондиційного насіння (до 20% і більше) безпосередньо залежать від технічних засобів, що використовуються на етапах збирання, транспортування та, найголовніше, первинної переробки (виділення насіння з плодів та його доробки). Для їхнього зменшення доцільно вводити в технологічний процес виділення насіння додаткову операцію з доопрацювання технологічної маси, застосовуючи для цього нові енергоєфективні машини, які функціонують, на основі таких методів сепарації, як: механічна, пневматична/аеродинамічна, гідравлічна/вологе розділення. Але найефективніші машини часто поєднують ці процеси [3]. Такі технічні засоби повинні розроблятися на основі попереднього математичного і фізичного моделювання для перевірки теорії, прогнозування і визначення раціональних параметрів роботи, виявлення прихованих дефектів обладнання тощо. Зазвичай, для такого обладнання критеріями оптимізації є показники засміченості та втрати насіння, що дозволяє адекватно оцінити об'єкт дослідження та пов'язати основні фактори в математичну модель.

Далекосяжним напрямом науково-дослідних робіт з проблем механізації насінництва овоче-баштанних культур бачимо розробку технічних засобів для

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur "Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises", May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

виділення та доробки насіння пасльонових (баклажан) та гарбузових (кабачок, патисон) культур. Це зумовлено високою цінністю насіння, складністю його вилучення з тіла насінників та підвищеними вимогами до цілісності оболонки.

Перспективним шляхом опрацювання засобів механізації первинної переробки плодів баклажанів, для одержання насіння, має бути технологічне поєднання подрібнювача плодів та гідропневматичного сепаратора задля доробки технологічної насінневої маси. Для великих соковитих плодів кабачка і патисона перспективним є створення мобільного або стаціонарного комплексу, який поєднує плодоруївну машину, що діє шляхом перетирання або різання, із сепаратором барабанного або грохотного типу для відділення насіння від решток й слизу, з наступним чи одночасним пневмогідравлічним доочищенням.

Список літератури

1. Компанія «Владам-Юг». Ексклюзивний дистриб'ютор НМ.Clause в Україні. URL: <https://vladam-seeds.com.ua>
2. Lu, L., Zhang, X., Yin, Z. et al. (2025). Optimized Co-Fermentation of Seed Melon and *Z. bungeanum* Seed Meal with *Saccharomyces cerevisiae* L23: Valorization into Functional Feed with Enhanced Antioxidant Activity. *Fermentation*, 11(9), 533. <https://doi.org/10.3390/fermentation11090533>
3. Пастушенко, С., & Пастушенко, А. (2024). До питання моделювання гідропневматичного впливу на рідке середовище насінневої маси. Матеріали науково-технічної конференції «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці», 28(2), 4–7. <https://confproc.pgm.kpi.ua/article/view/319219>

Секція 4. Енергоефективність та відновлювана енергетика в агровиробництві

UDC 628.385:662.6

DEVELOPING SOLID COMPOSITE BIOFUEL FROM SEWAGE SLUDGE AND CEREAL STRAW

Viacheslav Bratishko, Sc.D., Prof., **Vasyl Khmelovskyi**, Sc.D., Prof.,
Victor Rebenko, PhD., Assoc. Prof., **Oksana Achkevych**, PhD., Assoc. Prof.,
Stanislav Kostiuk, PhD Student

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

The management of sewage sludge has emerged as one of the most significant and complex environmental and engineering challenges facing municipal utility providers on a global scale. In contemporary urban environments, the volume of sludge generated by wastewater treatment plants continues to grow, whilst traditional disposal routes are becoming increasingly restricted. Conventional methods, such as landfilling or prolonged storage in open sludge lagoons, are no longer considered

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

environmentally safe due to the high risk of pollutants leaching into the soil, groundwater contamination, and the substantial release of greenhouse gases. Within the strategic framework of the circular economy and sustainable development, there is a clear transition towards viewing sewage sludge not as a problematic waste product, but as a valuable organic resource. Given that its organic matter content can reach between 70% and 80% on a dry matter basis, it holds strong potential for energy recovery through various thermochemical conversion processes.

However, the primary technical and economic barrier to the direct combustion or gasification of sewage sludge is its high moisture content. Even after undergoing mechanical dewatering via centrifuges or filter presses, the sludge typically retains a moisture level between 75% and 85%. This high water content makes active thermal drying processes highly energy-intensive and often economically unviable. A promising and innovative alternative is the production of solid composite biofuels, such as pellets or briquettes, through the co-pelletisation of sludge with dry lignocellulosic biomass. Cereal straw, particularly from winter wheat, is a relevant candidate for this purpose due to its vast availability as an agricultural by-product in Ukraine, its naturally low moisture content of approximately 10-15%, and its high net calorific value.

The aim of this research is to provide a theoretical and descriptive justification for the component composition of a “sewage sludge - cereal straw” mixture. This justification is essential to ensure the overall energy efficiency of the pelletisation process and to establish a robust Life Cycle Inventory for subsequent environmental assessments. The physical and chemical properties of the raw materials served as the baseline for the study. The sewage sludge utilised, sourced from the Boiarka wastewater treatment plant, was characterised by an average moisture content of 75.41% (fluctuating between 55.00% and 84.65%), an organic matter (carbon) content of 24.04% (ranging from 15.70% to 28.34%), and a total nitrogen content of 3.63% on a dry matter basis. The carbon-to-nitrogen (C:N) ratio varied from 5.11 to 7.74, averaging 6.68. The winter wheat straw, used as a structural filler and moisture absorbent, had a moisture content of 12% and a lower heating value of 17.6 MJ/kg for dry mass. Furthermore, laboratory analysis confirmed that the cadmium concentration in the sludge was between 1.65 and 6.93 mg/kg, which is significantly lower than the strict limits established by international directives (20-40 mg/kg), thereby classifying this raw material as safe [1].

To comprehensively optimise the fuel characteristics and analyse the interaction between the components, a central composite experimental design was implemented, comprising 15 independent trials. The variable factors were the initial sludge moisture (60%, 70%, and 80%), the mass fraction of straw in the mixture (20%, 40%, and 60%), and the initial cadmium content (1.5, 4.25, and 7.0 mg/kg). To ensure compliance with international quality requirements for solid biofuels, the heating value of the resulting mixtures was evaluated in accordance with the EN ISO 18125:2017 standard [2]. Numerical experiments convincingly demonstrated that the mass fraction of straw is the most critical factor in achieving a “passive drying”

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

effect. For instance, when treating typical sludge with an initial moisture content of 70%, the addition of 60% cereal straw by mass allows for a substantial reduction in total mixture moisture to a target of 35.2%, without the application of external thermal heating. At this specific ratio, the calculated lower heating value of the raw mixture reaches 9.78 MJ/kg, whilst the C:N ratio stands at 36.07. If the sludge is pre-dried to a moisture content of 60%, adding the same 60% of straw reduces the mixture's moisture to 31.2%, and the lower heating value increases to 10.32 MJ/kg. Conversely, a minimal addition of straw (only 20%) to highly moist sludge (80%) leaves the mixture's moisture at a critically high level of 66.4%, causing a sharp drop in the heating value to 3.27 MJ/kg, making such a mixture unsuitable for energy recovery.

The rational composition, consisting of 60% straw and 40% sludge, is technically relevant for mechanical processing in a pelletiser. The subsequent high-pressure pressing within the die not only shapes the fuel but also further reduces moisture through frictional heating, thereby increasing the energy density of the final pellets to between 13 and 15 MJ/kg [3]. Moreover, the strategic inclusion of biomass acts as a “dilution” mechanism for heavy metal concentrations in the ash residue. Even when modelling the use of the most contaminated sludge with a cadmium content of 7.0 mg/kg, the addition of 60% straw reduces the final concentration of this toxicant in the mixture to a safe level of 3.68 to 4.83 mg/kg. The obtained numerical results and mass-energy parameters confirm that co-pelletisation is a highly energy-efficient method for transforming waste into a sustainable energy carrier, whilst simultaneously forming a reliable baseline for multi-criteria life cycle assessments.

References

1. Council Directive 86/278/EEC “On the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture” (Consolidated text 01.01.2022).
2. EN ISO 18125:2017. Solid biofuels - Determination of calorific value.
3. Bajwa D.S., Peterson T., Sharma N., Shojaeiarani J., Bajwa S.G. A review of densified solid biomass for energy production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 96, 2018, pp. 296-305. DOI: 10.1016/j.rser.2018.07.040.

ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ КАРТОПЛЕСАДЖАЛОК ДЛЯ МАЛОПОТУЖНИХ ТРАКТОРІВ

Пугач А.М., д.н.з держ. упр., професор, кафедри тракторів і сільськогосподарських машин, *Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро*

Теслюк Г.В., к.т.н., доцент, кафедри тракторів і сільськогосподарських машин, *Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро*

Москаленко Н.С., здобувач, *Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро*

Картоплесаджалки для малопотужних тракторів призначені для механізованого садіння картоплі на невеликих і середніх площах. Такі машини агрегатуються з мотоблоками, мототракторами, мінітракторами та компактними тракторами. Їх основне завдання полягає у тому, щоб за один прохід виконати кілька технологічних операцій: утворити борозну, подати бульби з бункера, укласти їх на задану глибину, загорнути ґрунтом і сформувати гребінь. У малогабаритних картоплесаджалках найчастіше застосовують ланцюгово-чашечкові або елеваторні висаджувальні апарати, сошники, опорно-приводні колеса, ланцюгові передачі та дискові загортачі.

Однорядні картоплесаджалки є найпростішими за конструкцією (рис.1) і найбільш придатними для роботи з малопотужними тракторами. Вони мають один бункер для садивного матеріалу, один висаджувальний апарат, один сошник і комплект загортальних робочих органів. Під час руху агрегату опорно-приводне колесо через ланцюгову передачу приводить у дію висаджувальний механізм. Бульби захоплюються ложечками або чашечками, переміщуються до зони скидання і поштучно укладаються в борозну [1].



Рис. 1. Однорядна картоплесаджалка для малопотужного трактора

Перевагою однорядної картоплесаджалки є невелика маса, проста будова, зручність обслуговування та можливість агрегування з тракторами малої потужності. Наприклад, для окремих однорядних моделей зазначають агрегування з тракторами потужністю близько 20 к. с., масу приблизно 130 кг і використання навіски категорії Cat 1N. Недоліком такої конструкції є менша продуктивність порівняно з дворядними машинами, оскільки за один прохід висаджується лише один рядок [2].

Більш удосконаленим різновидом є однорядні картоплесаджалки з додатковим бункером для мінеральних добрив (рис.2.). Такі машини одночасно з садінням картоплі можуть вносити добрива в зону рядка. Це дозволяє поєднати дві технологічні операції за один прохід, зменшити ущільнення ґрунту колесами агрегату, скоротити витрати часу і пального.



Рис. 2 – Однорядна картоплесаджалка з бункером для добрив

Конструктивно така машина складається з рами, бункера для бульб, окремого бункера для добрив, дозувального пристрою, сошника, насіннепроводу, опорно-приводного колеса та загортачів. У наукових розробках однорядної картоплесаджалки з внесенням добрив зазначається, що до її складу входять висаджувальний апарат, насіннепровід, труба для внесення добрив, сошники, приводне колесо, бункер для насіння і бункер для добрив; місткість бункерів у дослідній конструкції становила 55 кг для бульб і 15 кг для добрив.

Дворядні картоплесаджалки (рис.3.) мають вищу продуктивність, ніж однорядні, оскільки за один прохід формують два рядки. Вони застосовуються у фермерських господарствах, де площі під картоплею більші, але використання великих чотирирядних або шестирядних машин є недоцільним. Така машина зазвичай має два бункери або один спільний бункер, два

висаджувальні апарати, два сошники, два комплекти загортачів і привод від опорно-приводних коліс.



Рис.3 – Дворядна картоплесаджалка для мінітрактора

Для дворядних картоплесаджалок, призначених для компактних тракторів, характерне регулювання міжряддя та кроку садіння. Наприклад, у дворядних моделях для компактних тракторів картоплю можна висаджувати з міжряддям 62–65 см, відстанню між бульбами 29, 32 або 35 см і глибиною садіння 10–15 см [3].

Отже, для малопотужних тракторів найбільш придатними є однорядні та легкі дворядні картоплесаджалки. Однорядні машини мають просту конструкцію, невелику масу і можуть ефективно використовуватися на малих площах. Дворядні картоплесаджалки забезпечують вищу продуктивність, однак потребують більшої тягової потужності та точнішого налаштування. Найперспективнішими для модернізації є конструкції з елеваторним висаджувальним апаратом, дисковими загортачами, регульованим кроком садіння і можливістю одночасного внесення добрив. Такі технічні рішення дозволяють підвищити якість садіння, зменшити затрати праці, скоротити кількість проходів агрегату по полю і краще пристосувати машину до умов малих фермерських господарств.

Список літератури

1. Барановський В. М., Булгаков В. М., Гаврилюк Г. Р. **Машини для садіння, догляду та збирання картоплі**. Київ : Аграрна освіта, 2012. 184 с.
2. Погорілий Л. В., Гриньків А. Г. Аналіз машин для садіння картоплі // Техніка і технології АПК. 2017. № 3. С. 20-24.
3. Булгаков В. М., Адамчук В. В., Надикто В. Т. Дослідження процесу висаджування картоплі // Вісник аграрної науки. 2019. № 4. С. 45-50.

СТІЙКІСТЬ КРИЗЬ АВТОНОМНІСТЬ: НОВА ПАРАДИГМА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ УКРАЇНСЬКОГО АПК

Сахно Вячеслав Моколайович к.ф.-м.н., доцент кафедри вищої математики,
фізики та загальноінженерних дисциплін,
Пугач Андрій Миколайович доктор наук з державного управління, професор,
декан інженерно-технологічного факультету,
Сушко Лариса Федорівна старша викладачка кафедри вищої математики,
фізики та загальноінженерних дисциплін
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

Повномасштабна війна суттєво змінила методи ведення українського агробізнесу, його масштабування і енергозабезпеченість. Якщо раніше енергоефективність розглядалася переважно як інструмент зниження собівартості та підвищення маржинальності продукції, то на сьогоднішній час це загально національне питання продовольчої безпеки та фізичного виживання господарств в умовах агресії і дефіциту енергопостачання.

Постійні атаки на енергетичну інфраструктуру спричинили безпрецедентну нестабільність. Дефіцит нафтопродуктів, ризики перебоїв у постачанні палива та електроенергії стали щоденною реальністю. Традиційні логістичні ланцюги постачання палива зазнали значних руйнувань або суттєво ускладнені. Це диктує підприємствам аграрного сектору необхідність переходу на локальні джерела енергії. Фермерське господарство перестає бути просто споживачем ресурсів, воно трансформується в автономний енергонезалежний вузол. Автономність сьогодні — це не розкіш, а стратегія виживання, що дозволяє проводити посівну та збиральну кампанії незалежно від стану централізованих мереж.

1. Технологічна оптимізація виробництва

В умовах обмежених ресурсів кожен літр дизельного пального та кожна кіловат-година мають бути використані з максимальним ККД. Перехід від суто механічної роботи до інтелектуального управління ресурсами став головним трендом агротехнологій у 2024–2026 роках.

Використання GPS-навігації та систем паралельного водіння [1] дозволяє виключити перекриття та пропуски під час обробки ґрунту, сіви чи обприскування. Це дає пряму економію палива, насіння та добрив у межах 10–15%. Впровадження автопілотування сільгосптехнікою мінімізує втому оператора та забезпечує ідеальну точність ходу (до 2 см), що знижує зайве навантаження на двигун та опір робочих органів знарядь.

Особливе значення мають питання картування та диференціації врожайності земельних ресурсів [2]. Завдяки картам урожайності техніка автоматично регулює норми внесення мінеральних і органічних добрив, не

витрачаючи енергію там, де потенціал ґрунту обмежений.

Ключовим підходом до енергозбереження та енергоефективності є комбінування технологічних операцій. Це радикально зменшує кількість проходів техніки, що не лише економить паливе, а й запобігає надмірному ущільненню ґрунту. Логістична складова в енергозбереженні стає суттєвими, і має важливе значення.

В останній час, ресурсозберігаючі технології обробки ґрунту займають значне місце в питанні енергоефективності. Класична глибока оранка ґрунтів є найбільш енергоємною операцією в рослинництві. В умовах війни аграрії масово переходять на технології Mini-till, Strip-till та No-till [3] без перевертання пластів. Перехід на мінімальну обробку дозволяє знизити витрати дизельного пального на 30–50 відсотків на гектар. Чим менше ми "турбуємо" ґрунт, тим кращою стає його структура, що в довгостроковій перспективі ще більше знижує енерговитрати на його обробку.

Все більше в агровиробництві використовується альтернативна енергетика та біопаливо. Децентралізації енергозабезпечення сприяє створення так званих "енергетичних островів" (Microgrids) [4]. Найяскравішим представником альтернативної енергетики можна вважати біопаливо власного виробництва. Використання біогазових установок при переробці відходів тваринництва та рослинництва дозволяє отримувати газ для опалення ферм, теплиць та роботи зерносушарок. Це утворює замкнений цикл екосистеми господарства, перетворюючи відходи на цінний енергоресурс.

Особисте місце займає агровольтаїка. Встановлення сонячних панелей на дахах ангарів або безпосередньо над посівами (що також захищає рослини від надмірного випаровування) забезпечує живлення холодильників, насосів та освітлення навіть під час блекаутів.

Елеваторне господарство та теплиці є великими споживачами тепла та електрики. Газові установки, на даний час, заміщують агрегатами, які використовують тверде біопаливо. Використання теплогенераторів на біомасі дозволяє повністю відмовитися від дорогого природного газу. Важливе значення мають мала іригація. Впровадження систем крапельного поливу з автоматичним регулюванням напору мінімізує витрати електроенергії на насосних станціях. Значну роль в енергозбереженні відіграє рекуперація тепла [5]. У тваринницьких комплексах впроваджуються системи, що забирають тепло від відпрацьованого повітря вентиляції. Це тепло використовується для підігріву нового потоку свіжого повітря в приміщення, або підігріву води методом теплообміну, що знижує витрати на опалення до 20–30 відсотків.

2. Енергетична децентралізація.

На сьогоднішній час є чотири пріоритетні напрямки діяльності по енергозбереженню та енергоефективності господарств України.

По-перше, енергетична децентралізація. Вона включає в себе поєднання сонячної, вітрової енергії та біогазу в єдину мережу з промисловими акумуляторами.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur "Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises", May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

Другим напрямом є оптимізація технологічних операцій у рослинництві. Наприклад, брикетування на полі. Мобільні преси для переробки соломи та рослинних решток у паливо безпосередньо під час збирання врожаю.

Третій важливий напрям - цифровізація та енергоаудит. Впровадження новітніх методик з використанням штучного інтелекту для прогнозування пікових навантажень та автоматичного перемикання між джерелами енергії.

Четвертим, найсучаснішим напрямком, який значно інтенсифікував розробку новітніх технологій, розроблених вже за часів війни, є використання промислових дронів у сільських господарствах [6]. Агродрони-обприскувачі замінюють важку техніку. Дрон витрачає лише дешеву електроенергію, не має механічних втрат на пересування по ґрунту і працює точково.

Висновки

В умовах воєнного стану енергозбереження в агросекторі трансформувалося з концепції сталого розвитку в інструмент виживання. Головні акценти сьогодні робляться на наступні напрямки:

- мінімізація енергоємних операцій (перехід на No-till/Strip-till);
- цифровізація контролю (кожен літр пального має працювати на результат);
- енергетична автономність, альтернативні джерела енергії;
- заміна важкої техніки на використанням промислових дронів.

Розрахунки рентабельності впровадження таких сучасних технологій, для більшості типових господарств з площею близько 1000 га, складає майже один сезон. Інтелектуальне управління, перехід до локальної енергогенерації - це ті стовпи, на яких тримається зараз сучасний український агросектор.

Список літератури

1. Романенко М. В., Ревтьо О. Я. Автоматизація і GPS-керування тракторів як засіб підвищення ефективності польових робіт. *Сучасна наука: стан та перспективи розвитку* : зб. наук. пр. 2025. № 40. URL: https://www.ksau.kherson.ua/files/konferencii/2025/12/zbirnik_material_2025_15.pdf
2. Стародубцев В. М. та ін. Шляхи визначення просторової неоднорідності ґрунтового покриву сільськогосподарських угідь. DOI: <https://doi.org/10.31548/me2018.03.117>
3. Doroshenko V., Onipko V. Технології Strip-till і Verti-till у контексті мінімізації обробітку ґрунту. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Vol. 28, No. 3. P. 51–55. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.03.08>
4. Пономарь О. А. Математичне моделювання енергоефективності в локальних енергетичних островах гібридного типу. 2022. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/22803>
5. Ковязін О. С. та ін. Аналіз альтернативних джерел енергії для терморегуляції повітря у тваринницьких приміщеннях. Запоріжжя : ТДАТУ, Вид. дім «Гельветика», 2025. DOI: <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-1-6>

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

6. Дубовик О. О., Дубовик М. В. Екологічні та економічні аспекти використання агродронів для сталого сільського господарства. *Хімія, біо- і фармтехнології, екологія та економіка в харчовій, косметичній та фармацевтичній промисловості : матеріали конф.* 2023. С. 195–196. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/66f1e697-22f0-47e2-ac92-57a0f3e8334c/content>

УДК 628.385:662.6

РОЗРОБКА ТВЕРДОГО КОМПОЗИТНОГО БІОПАЛИВА З ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ТА СОЛОМИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

В'ячеслав Братишко, д.т.н., проф.,
Василь Хмельовський, д.т.н., проф.,
Віктор Ребенко, к.т.н., доц.,
Оксана Ачкевич, к.т.н., доц.,
Станіслав Костюк, аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Управління осадами стічних вод стало однією з найважливіших і найскладніших екологічних та інженерних проблем, з якими стикаються комунальні служби у глобальному масштабі. У сучасних урбанізованих умовах обсяг осадів, що утворюються на очисних спорудах, постійно зростає, тоді як традиційні шляхи їх утилізації стають дедалі більш обмеженими. Звичайні методи, такі як захоронення на полігонах або тривале зберігання у відкритих мулових картах, більше не вважаються екологічно безпечними через високий ризик вимивання забруднювачів у ґрунт, забруднення підземних вод і значні викиди парникових газів. У межах концепції циркулярної економіки та сталого розвитку спостерігається чіткий перехід до розгляду осадів стічних вод не як проблемного відходу, а як цінного органічного ресурсу. З огляду на те, що вміст органічної речовини в них може досягати 70–80% (у перерахунку на суху речовину), вони мають значний потенціал для енергетичного використання через різні термохімічні процеси перетворення.

Однак основною технічною та економічною перешкодою для прямого спалювання або газифікації осадів є їх високий вміст вологи. Навіть після механічного зневоднення за допомогою центрифуг або фільтр-пресів вологість осаду зазвичай становить 75–85%. Такий високий вміст води робить активні процеси термічного сушіння енергомісткими та часто економічно недоцільними. Перспективною та інноваційною альтернативою є виробництво твердого композитного біопалива, зокрема пелет або брикетів, шляхом співгранулювання осаду з сухою лігноцелюлозною біомасою. Солома зернових культур, особливо озимої пшениці, є доцільним компонентом завдяки її широкій доступності як побічного продукту сільського господарства в Україні,

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

природно низькій вологості (близько 10–15%) та високій нижчій теплоті згоряння.

Метою даного дослідження є теоретичне та описове обґрунтування компонентного складу суміші «осад стічних вод – солома зернових культур». Таке обґрунтування є необхідним для забезпечення загальної енергоефективності процесу гранулювання та формування бази інвентаризації життєвого циклу для подальших екологічних оцінок. Фізико-хімічні властивості вихідних матеріалів були покладені в основу дослідження. Використаний осад стічних вод, отриманий з очисних споруд м. Боярка, характеризувався середньою вологістю 75,41% (у межах 55,00–84,65%), вмістом органічної речовини (вуглецю) 24,04% (15,70–28,34%) та загальним вмістом азоту 3,63% у перерахунку на суху речовину. Співвідношення вуглецю до азоту (C:N) варіювало в межах 5,11–7,74, із середнім значенням 6,68. Солома озимої пшениці, що використовувалась як структуроутворювач і поглинач вологи, мала вологість 12% і нижчу теплоту згоряння 17,6 МДж/кг (для сухої маси). Крім того, лабораторний аналіз показав, що концентрація кадмію в осаді становила 1,65–6,93 мг/кг, що значно нижче за граничні значення, встановлені міжнародними директивами (20–40 мг/кг), що дозволяє класифікувати цю сировину як безпечну [1].

Для комплексної оптимізації паливних характеристик і аналізу взаємодії компонентів було застосовано центральний композиційний план експерименту, який включав 15 незалежних дослідів. Змінними факторами були початкова вологість осаду (60%, 70% і 80%), масова частка соломи в суміші (20%, 40% і 60%) та початковий вміст кадмію (1,5; 4,25 і 7,0 мг/кг). Для забезпечення відповідності міжнародним вимогам якості твердих біопалив теплоту згоряння отриманих сумішей визначали згідно зі стандартом EN ISO 18125:2017 [2]. Чисельні експерименти переконливо показали, що масова частка соломи є найважливішим фактором для досягнення ефекту «пасивного сушіння». Наприклад, при обробці типового осаду з початковою вологістю 70% додавання 60% соломи (за масою) дозволяє знизити загальну вологість суміші до цільового рівня 35,2% без застосування зовнішнього теплового впливу. За такого співвідношення розрахована нижча теплота згоряння сирої суміші становить 9,78 МДж/кг, а співвідношення C:N — 36,07. Якщо ж осад попередньо висушити до вологості 60%, додавання тих самих 60% соломи зменшує вологість суміші до 31,2%, а нижча теплота згоряння зростає до 10,32 МДж/кг. Натомість мінімальне додавання соломи (20%) до сильно зволоженого осаду (80%) залишає вологість суміші на критично високому рівні 66,4%, що спричиняє різке зниження теплоти згоряння до 3,27 МДж/кг і робить таку суміш непридатною для енергетичного використання.

Раціональний склад, що включає 60% соломи та 40% осаду, є технологічно доцільним для механічної переробки в грануляторі. Подальше пресування під високим тиском у матриці не лише формує паливо, а й додатково знижує вологість за рахунок тепла тертя, підвищуючи енергетичну щільність кінцевих

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

гранул до 13–15 МДж/кг [3]. Крім того, стратегічне додавання біомаси виконує функцію «розбавлення» концентрації важких металів у зольному залишку. Навіть при моделюванні використання найбільш забрудненого осаду з вмістом кадмію 7,0 мг/кг додавання 60% соломи знижує кінцеву концентрацію цього токсиканта до безпечного рівня 3,68–4,83 мг/кг. Отримані чисельні результати та масо-енергетичні параметри підтверджують, що співгранулювання є високоефективним способом перетворення відходів у сталий енергетичний ресурс, одночасно формуючи надійну основу для багатокритеріальної оцінки життєвого циклу.

Список літератури

1. Council Directive 86/278/EEC “On the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture” (Consolidated text 01.01.2022).
2. EN ISO 18125:2017. Solid biofuels - Determination of calorific value.
3. Bajwa D.S., Peterson T., Sharma N., Shojaeiarani J., Bajwa S.G. A review of densified solid biomass for energy production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 96, 2018, pp. 296-305. DOI: 10.1016/j.rser.2018.07.040.

УДК 631.5:620.92

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЄКТУ АГРОВОЛЬТАЇКИ У ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ УКРАЇНИ

Мелентьєв О. Б. к. п. н., доцент кафедри агроінженерії
Уманський національний університет

Сучасний розвиток аграрного сектору України відбувається в умовах значних викликів, пов'язаних із кліматичними змінами, зростанням вартості енергоресурсів та необхідністю підвищення ефективності використання земельних ресурсів. Одним із перспективних напрямів вирішення зазначених проблем є впровадження агровольтаїчних систем, які поєднують виробництво сільськогосподарської продукції з генерацією електроенергії за допомогою сонячних панелей [1].

Агровольтаїка (agrivoltaics) передбачає встановлення фотоелектричних модулів над або між сільськогосподарськими культурами таким чином, щоб забезпечити оптимальні умови як для росту рослин, так і для виробництва електроенергії. Такий підхід дозволяє ефективно використовувати земельні площі, підвищуючи їх продуктивність без необхідності розширення угідь [2].

Важливою перевагою агровольтаїчних систем є їх здатність позитивно впливати на мікроклімат агроценозів. Зокрема, часткове затінення ґрунту сприяє зменшенню випаровування вологи, що особливо актуально в умовах посухи. Дослідження показують, що використання агровольтаїки може знизити втрати води до 15–25 %, а також зменшити тепловий стрес рослин [3]. Це All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

створює передумови для стабілізації врожайності навіть за несприятливих погодних умов.

З економічної точки зору впровадження агровольтаїки забезпечує фермерським господарствам додаткові джерела доходу. Окрім реалізації сільськогосподарської продукції, фермери отримують можливість продавати вироблену електроенергію або використовувати її для власних потреб, що значно знижує витрати на енергозабезпечення. Таким чином, агровольтаїка сприяє підвищенню енергетичної незалежності аграрних підприємств та їх фінансової стійкості [1].

Відомий спосіб кріплення сонячної батареї стаціонарно на опорі над ґрунтом (рис. 1.).



Рисунок 1. Спосіб кріплення сонячної батареї стаціонарно на опорі над ґрунтом.

Найбільш перспективним є спосіб кріплення сонячної батареї стаціонарно на опорі над ґрунтом із сонячним трекером (системою відслідковування напрямку сонця (рис. 2.)).



Рисунок 2. Спосіб кріплення сонячної батареї стаціонарно на опорі із сонячним трекером ST1000.

Сучасний сонячний трекер, наприклад ST1000 - це електромеханічний прилад, мета якого - відслідковувати переміщення джерела світла (рис. 3.).

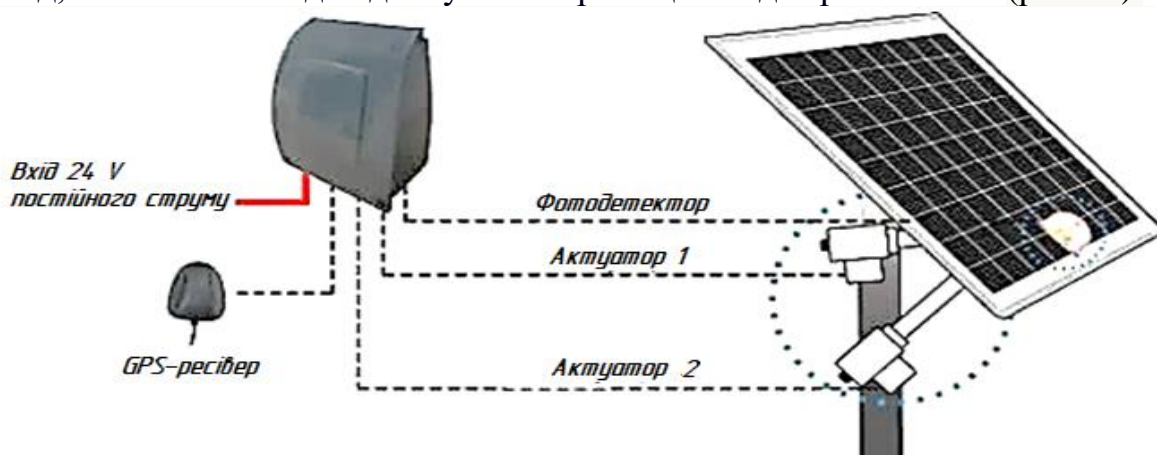


Рисунок 3. Сонячна панель із трекером відслідковування переміщення джерела світла

Основне застосування – зміна положення фотоелектричних модулів (сонячних батарей) з метою отримання максимального ККД. Саме при падінні сонячного світла під прямим кутом досягається мінімальне значення відбиття, а отже - максимальне використання енергії променів сонячною панеллю.

В Україні потенціал розвитку агровольтаїки є надзвичайно високим завдяки значним площам сільськогосподарських угідь та сприятливим кліматичним умовам для використання сонячної енергії. Особливо актуальним є впровадження таких систем у південних та центральних регіонах країни, де спостерігається високий рівень сонячної інсоляції. Водночас розвиток цього напрямку потребує удосконалення нормативно-правової бази, залучення інвестицій та адаптації європейського досвіду до вітчизняних умов [4].

Слід зазначити, що агровольтаїка має значний екологічний ефект. Використання відновлюваних джерел енергії сприяє зменшенню викидів парникових газів та зниженню антропогенного навантаження на довкілля. Крім того, такі системи можуть бути інтегровані в концепцію сталого розвитку сільських територій, забезпечуючи створення нових робочих місць і підвищення якості життя населення [2].

Попри очевидні переваги, впровадження агровольтаїки в Україні супроводжується низкою проблем, серед яких висока вартість початкових інвестицій, недостатній рівень обізнаності фермерів та відсутність державних програм підтримки. Однак з урахуванням глобальних тенденцій розвитку відновлюваної енергетики можна очікувати, що найближчим часом агровольтаїка стане важливою складовою аграрного виробництва.

Отже, застосування агровольтаїчних систем у фермерських господарствах України є перспективним напрямом, який поєднує економічну ефективність, екологічну безпеку та інноваційний розвиток аграрного сектору. Подальші дослідження та практичне впровадження таких технологій сприятимуть

підвищенню конкурентоспроможності вітчизняного сільського господарства та зміцненню енергетичної незалежності країни.

Список літератури

1. Агровольтаїка — новий підхід до використання земельних ресурсів / Асоціація агровольтаїки України. URL: <https://agrivoltaic.org.ua> (дата звернення: 06.05.2026).
2. Dupraz C., Marrou H., Talbot G. et al. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*. 2011. Vol. 36. P. 2725–2732.
3. Barron-Gafford G. A., Minor R. L., Allen N. A. et al. The agrivoltaic system impact on microclimate and crop production. *Nature Sustainability*. 2019. Vol. 2. P. 848–855.
4. Мелентьєв О. Б. Агровольтаїка як інноваційний напрям розвитку агроенергетики в Україні // Актуальні питання сучасної аграрної науки : матеріали наук. конф. Умань, 2023.

УДК 620.91:631.371

АГРОВОЛЬТАІКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕЗАЛЕЖНОСТІ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЛІСОСТЕПОВОЇ ЗОНИ ЧЕРКАЩИНИ

Головатюк А. А., кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри агроінженерії,

Петриченко Є. А., кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії,

Мелентьєв О. Б., кандидат педагогічних наук, доцент кафедри агроінженерії

Уманський національний університет

Черкаська область формує близько 4,2% виробництва зернових і технічних культур України при площі с.-г. угідь понад 1,4 млн га. За результатами власного моніторингу 14 фермерських господарств регіону (2023–2024 рр.), питомі витрати на електроенергію в рослинництві становлять 5 200–6 900 грн/га/рік (11–15% виробничих витрат), а кількість спекотних днів у липні–серпні зросла за останнє десятиліття з 12 до 19 (Черкаська гідрометстанція), що посилює тепловий стрес культур і збільшує потребу у зрошенні. Технологія агровольтаїки (Agri-PV) — суміщення фотоелектричних установок із рільничим виробництвом на одній ділянці — поєднує децентралізовану енергогенерацію з мікрокліматичним захистом посівів, не виводячи землю з сільськогосподарського обороту. Панелі монтуються на висоті 3,5–6,0 м із міжрядною відстанню 8–12 м, що забезпечує вільний прохід тракторно-рільничих агрегатів класу 1,4–3,0.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

Авторами розроблено методику техніко-економічного оцінювання Agri-PV систем для лісостепової зони Черкащини на основі: рядів інсоляції 2014–2024 рр. (метеостанції Черкаси та Умань, ресурс PVGIS), виробничих показників 14 господарств-об'єктів моніторингу, цін на обладнання СЕС/BESS (І кв. 2025 р.) та прогнозних тарифів до 2034 р. Базова культура — кукурудза на зерно (28% посівних площ Черкащини). Річний ресурс інсоляції регіону — 1 150–1 300 кВт·год/м² (широта 48–50° пн. ш.); рівномірніший тепловий режим лісостепу знижує температурні втрати ККД модулів (0,4–0,5%/°С понад 25°С) порівняно із суто степовими регіонами. Ключові показники порівняльного аналізу наведено в табл. 1.

З табл. 1 видно: Agri-PV система 500 кВт (200 га) скорочує залежність від зовнішньої мережі на 77–82%. При перехопленні ФАР 20–30% зниження врожайності кукурудзи не перевищує 4%, а мікрокліматичний ефект (зниження температури приземного повітря на 1,3–2,1°С) стабілізує продуктивність у посушливі роки (2022, 2024) без додаткового зрошення. Питома генерація 1 100–1 260 кВт·год/кВт вст./рік на 15–30% перевищує середньоєвропейські нормативи (900–1 050 кВт·год/кВт).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика показників виробництва (розрахунок авторів, 2025)

| Показник | Традиційне виробн. | Agri-PV (розрах. авторів) | Різниця, % |
|---|--------------------|---------------------------|------------|
| Споживання е/е з мережі, кВт·год/га/рік | 1 200–1 600 | 160–290 | –77...82 |
| Витрати на е/е, грн/га/рік (тариф 4,32 грн) | 5 184–6 912 | 691–1 253 | –82% |
| Урожайність кукурудзи, ц/га (до контролю) | 68,4 (100%) | 65,8–71,2 | –4...+4 |
| Економія зрошувальної води, % | — | 12–24 | +12–24 |
| Питома генерація СЕС, кВт·год/кВт вст./рік | — | 1 100–1 260 | — |
| Розрахунк. термін окупності, років | — | 6,8–9,1 | — |

Фінансову модель трьох сценаріїв (кошторис 18,6 млн грн, горизонт 20 р., дисконт 12%, зростання тарифу 8%/р.) наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Фінансові сценарії впровадження Agri-PV 500 кВт, Черкаська обл. (розрахунок авторів, 2025)

| Сценарій фінансування | NPV за 20 років, тис. грн | Термін окупності, років |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Власні кошти (100%) | 4 380 | 9,1 |
| Кредит 50% (ставка 10%) | 3 210 | 7,7 |
| Грант 30% + власні 70% | 5 540 | 6,8 |

Оптимальний сценарій — грант 30% + власні 70%: NPV = 5,54 млн грн, окупність 6,8 р. У консервативному сценарії (100% власні кошти) IRR = 13,7%, що перевищує середньоринкову депозитну ставку. Доступні джерела грантового фінансування: програми ЄБРР, ЄІБ, USAID для аграрного відновлення України.

Головним бар'єром масштабування Agri-PV є правова невизначеність: за результатами анкетування 42 керівників агропідприємств Черкаської обл. (листопад 2024 р.), 64% назвали її ключовою перешкодою — чинне земельне законодавство не передбачає правового статусу с.-г. угідь із фотоелектричними об'єктами. Водночас дослідні поля Уманського національного університету та Інституту механіки і автоматики агропромислового виробництва НААН є готовим майданчиком для польових дослідів з різними конфігураціями Agri-PV, а сам університет має потенціал стати регіональним центром підготовки міждисциплінарних фахівців.

Висновки.

1. Лісостепова зона Черкащини (інсоляція 1 150–1 300 кВт·год/м²/рік) забезпечує генерацію Agri-PV систем 1 100–1 260 кВт·год/кВт вст./рік; мікрокліматичний ефект затінення знижує тепловий стрес кукурудзи та скорочує зрошення на 12–24%.
2. Впровадження Agri-PV 500 кВт/200 га скорочує витрати на е/е на 77–82% при збереженні врожайності $\pm 4\%$; NPV за 20 р. — 4,38–5,54 млн грн, IRR $\geq 13,7\%$.
3. Першочергові завдання: польовий дослід на базі Уманського НУС; ініціювання змін до земельного законодавства щодо статусу с.-г. угідь із СЕС; розробка освітніх модулів з Agri-PV проектування.

Список літератури

1. Sunhub. Agrivoltaics in 2025: Scaling Food and Solar Together. – 2025. – URL: <https://www.sunhub.com/blog/agrivoltaics-2025-solar-farming> (дата звернення: 15.05.2025).
2. Solar Energy Association of Ukraine. Solar Agro Conference 2025. – Kyiv : SEAU, 2025. – 24 р.
3. Dupraz C., Marrou N., Talbot G., Dufour L. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use // Renewable Energy. – 2011. – Vol. 36, № 10. – P. 2725–2732.
4. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Звіт про стан виконання Національного плану з енергоефективності на 2024 рік. – Київ, 2024. – 87 с.
5. PVGIS / European Commission JRC. – 2024. – URL: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools (дата звернення: 10.05.2025).
6. Черкаська гідрометеорологічна станція. Кліматичний бюлетень Черкаської обл. за 2014–2024 рр. – Черкаси, 2024. – 46 с.
7. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» № 555-IV від 20.02.2003 (зі змін. Законом № 3853-IX від 13.08.2024) // ВВР. – 2024. – № 42.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ У СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИМИ БУДІВЛЯМИ

Жесан Роман Володимирович,
кандидат технічних наук, доцент,

Кравцов Сергій Вікторович

Центральноукраїнський національний технічний університет

Війна, яку розв'язала російська федерація проти України, постійні руйнівні атаки ворога на енергетичну інфраструктуру держави викристалізували один з головних напрямків державної політики на найближчий час, – не просто відновлення, а модернізація й осучаснення енергетичної галузі [1, 2]. За актуальну мету обрано створення системи розподіленої генерації [2, 3], на основі відновлюваних джерел енергії, дбайливого ставлення до наявних енергоресурсів і підвищення енергоефективності споживачів [4, 5]. Оскільки, за даними Європейського Союзу [6], близько 40 % всієї енергії нині споживають будівлі (споруди), перспективною сферою енергозбереження є підвищення енергоефективності останніх [7].

В цьому контексті проектування енергоефективної будівлі має ґрунтуватись на системному аналізі споруди, як енергетичної системи, на основі достовірної інформації щодо теплотехнічних характеристик зовнішніх конструкцій та систем тепло-, водо-, електропостачання і вентиляції, а також регіональних параметрів клімату й особливостей функціонального призначення споруди [5, 7]. Зрозуміло, що цей процес неможливий без вдосконалення існуючих і створення нових систем автоматичного керування (САК) інженерними підсистемами у загальних системах життєзабезпечення. Видається доцільним розглядати будівлю, як злагоджений живий організм, а в САК актуальним є застосування штучного інтелекту (ШІ) та систем підтримки прийняття рішень, на основі штучних нейронних мереж і нечіткої логіки (НЛ).

Переважає більшість сучасних САК використовують програмно-апаратні засоби, в основі яких знаходяться програмовані логічні контролери (англ. PLC – Programmable Logic Controller), які працюють за заданим алгоритмом, тобто приписом про виконання, в певному порядку, системи операцій для розв'язання будь якої задачі. Такі системи можуть бути ефективними лише в добре структурованій предметній області [8].

Керування складними технічними системами (в тому числі, енергоефективними спорудами) принципово відрізняється від програмного керування. Пояснюється це, передусім, тим, що поведження складних систем важко прогнозувати. А визначити й, тим більше, задати системі «оптимальний» шлях переходу до бажаного стану, практично неможливо. Тому

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

керування складними системами, за змістом та механізмом дії, найближче до фізіологічних процесів збудження і гальмування, тобто зовнішнього і внутрішнього стимулювання [8, 9].

Теорія нечітких множин має справу з «людськими знаннями», які прийнято називати «експертною інформацією». Характерним для нечіткого керування є застосування якісних експертних знань для генерування керуючих впливів на об'єкт керування. Знання про взаємодію нечіткого регулятора з об'єктом чи процесом керування наводиться у формі правил виду: ЯКЩО (початкова ситуація), ТО (реакція у відповідь). Такі правила відповідають найпростішій формі людських взаємовідносин [10, 11].

Найбільш важливим застосуванням теорії нечітких множин є контролери НЛ. Їх функціонування дещо відрізняється від звичайних контролерів, оскільки для опису системи, замість диференціальних рівнянь використовуються знання експертів. Ці знання можуть бути виражені за допомогою лінгвістичних змінних, які описані нечіткими множинами [11].

Всі САК із ШІ та НЛ функціонують за єдиним принципом [9-11]: сигнали датчиків фазифікуються (перетворюються в нечіткий формат), обробляються, дефазифікуються та, у вигляді звичайних сигналів, подаються на виконавчі пристрої. Структура САК на основі ШІ та НЛ представлена на рисунку (рис. 1).



Рис. 1. Структура САК на основі ШІ та НЛ

Сучасні інноваційні САК енергоефективними будівлями, повинні прагнути до здатності автоматичної адаптації відповідних параметрів функціонування інженерних систем, зокрема енергопостачання та освітлення, залежно від стохастичних та різномірних зовнішніх та внутрішніх факторів впливу, в їх органічному поєднанні у складній технічній системі, з врахуванням географічних, природно-кліматичних особливостей регіону розташування об'єктів [5, 7].

Враховуючи все викладене вище, очевидно, що вплив САК, зокрема побудованих із застосуванням ШІ та НЛ, на загальну енергоефективність будівель і споруд має бути предметом подальших глибоких наукових досліджень, з метою реалізації та впровадження прогресивних досягнень науки і техніки у практичну діяльність людей.

Список літератури

1. Моїсєєв В. Чотири роки повномасштабної війни та 64 масовані атаки на енергетику: основні цифри // *The Page*. 24 лютого 2026. URL: <https://thepage.ua/ua/news-energy/chotiri-roki-povnomashtabnoyi-vijni-ta-masovani-ataki-na-energetiku> (дата звернення: 25.02.2026).
2. Розподілена електрогенерація буде пріоритетом на найближчі роки – Олексій Кулеба // *Укрінформ*. 26 жовтня 2024. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3920187-rozpodilena-elektrogeneracia-bude-prioritetom-na-najblizci-roki-oleksij-kuleba.html> (дата звернення: 21.02.2026).
3. Малиновська А. Україна планує побудувати більш захищену та стійку енергосистему – Шмигаль // *Факти*. 26 березня 2026. URL: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/20260326-ukrayina-planuye-pobuduvati-bilsh-zahishhenu-ta-stijku-energosis temu-shmigal/> (дата звернення: 26.03.2026).
4. «Енергоефективність – передусім!» : ключовий принцип комплексної відбудови України! // Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України : веб-сайт. URL: <https://saee.gov.ua/news/energoefektivnist-peredusim-kliucovii-princip-kompleksnoyi-vidbudovi-ukrayini> (дата звернення: 01.02.2026).
5. Кравцов С. В., Жесан Р. В., Голик О. П. Відновлювані джерела енергії й інші базові компоненти зростання енергоефективності та енергонезалежності. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. Вип. 8(39). Ч. I. Кропивницький : ЦНТУ, 2023. С. 48-56. ISSN 2664-262X(Print), 2707-9449(Online). DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).1.48-56](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).1.48-56), URI: [http://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/8\(39\)_I/8.pdf](http://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/8(39)_I/8.pdf) (дата звернення: 15.04.2026).
6. Energy Performance of Buildings: Directive (EU) 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj/eng> (дата звернення: 11.04.2026).
7. Кравцов С., Жесан Р., Голик О., Зубенко В. Місце енергоефективних будівель із системами керування в розподіленій генерації енергії. *Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві* : збірн. тез допов. Всеукр. наук.-практ. on-line конф., м. Кропивницький, 13-14 листопада 2024 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. С. 181-183. URL: <https://kntu.kr.ua/file/content/13789/zbirnyk-tez.pdf> (дата звернення: 15.04.2026).
8. Трегуб В. Г. Проектування систем автоматизації. Київ : Вид-во Ліра-К, 2017. 344 с. ISBN 978-966-2609-58-5.
9. Методи та системи штучного інтелекту: навч. посіб. для студентів напряму підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки» / за ред.: А. С. Савченко, О. О. Синельнікова. Київ : НАУ, 2017. 190 с.
10. Кирик В. В. Математичний апарат штучного інтелекту в електроенергетичних системах : підруч. Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

Вид-во «Політехніка», 2019. 224 с. ISBN 978-966-622-969-7.

11. Гостев В. И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. Київ : Радіоаматор, 2008. 972 с. ISBN 978-966-96178-2-0.

УДК 662.63:620.92

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ

Золотовська Олена Володимирівна, к.т.н., доцент кафедри тракторів і сільськогосподарських машин

Іванова Галина Віталіївна, здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 208 «Агроінженерія»
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Використання біомаси як палива є одним із практичних напрямів розвитку відновлюваної енергетики, особливо для аграрних підприємств, комунальних котелень та виробництв, де утворюється значна кількість органічних відходів. До таких паливних ресурсів належать деревна тріска, гранули, солома, лушпиння соняшнику, стеблові залишки кукурудзи та інші види рослинної сировини. Їх енергетичне використання дає змогу частково замінити традиційні види палива, зменшити витрати на теплопостачання та раціональніше використовувати місцевий ресурсний потенціал [1;3]. За даними українського видання про виробництво енергії з біомаси, біомаса розглядається як відновлюване джерело для отримання теплової й електричної енергії, а також різних видів біопалив.

Енергетичне використання біомаси потребує не лише оцінки її паливних властивостей, а насамперед правильного добору конструкції топкового пристрою. Ефективність роботи котла або теплогенератора значною мірою залежить від способу завантаження палива, організації подачі первинного і вторинного повітря, конструкції решітки, системи золовидалення, теплообмінної частини та засобів регулювання процесу горіння.

У сучасних установках для спалювання біомаси застосовують різні конструктивні схеми: ретортні пальники, пелетні пальники, предтопки, топки з ланцюговими, рухомими, колосниковими та вібраційними решітками, а також установки з киплячим і циркулюючим киплячим шаром. У матеріалах В. Г. Крамара [2] наведено класифікацію технологій спалювання біомаси, де виділено спалювання в шарі, у псевдозрідженому шарі, у циркулюючому киплячому шарі та пилове спалювання.

Конструкція установки для спалювання біомаси повинна відповідати виду палива, його фракційному складу, вологості, насипній щільності та способу подачі в топку. Для гранульованого палива доцільно використовувати пелетні або ретортні пальники, для тріски та подрібненої біомаси – шнекові живильники та топки з нижньою подачею, а для соломи у тюках – спеціальні

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

завантажувальні пристрої, гідравлічні штовхачі або системи сигарного спалювання. У [2] окремо наведено відповідність між формою палива, максимальним розміром частинок, системою завантаження та типом топки.

Одним із поширених конструктивних рішень є ретортне спалювання. У такій установці паливо подається в зону горіння знизу або збоку, найчастіше за допомогою шнекового транспортера. Основними елементами є бункер палива, шнековий живильник, реторта, зона подачі повітря, камера згоряння, теплообмінник і пристрій для видалення золи. Перевагою ретортної схеми є можливість автоматизованої подачі палива та відносно стабільна робота при рівномірній фракції біомаси. У матеріалах [2] ретортне спалювання подано як окремий тип конструкції котла з подачею палива, повітря, ретортою, теплообмінником і системою золовидалення.

Для підвищення ефективності спалювання біомаси широко застосовують предтопки. Предтопок є окремою камерою, у якій відбувається попереднє спалювання або газифікація палива, а далі гарячі гази надходять до основного котла. Така схема дає можливість пристосувати існуючі котли до використання біомаси без повної заміни теплогенерувального обладнання. У предтопках конструктивно виділяють вузол подачі палива, запальник, зону первинного повітря, зону вторинного або третинного повітря, камеру допалювання та систему видалення золи.

Важливе місце займають топки з решітками, оскільки вони можуть працювати з різними видами твердого біопалива. У найпростішому випадку паливо розміщується на колосниковій решітці, через яку знизу подається первинне повітря. Над шаром палива додатково вводиться вторинне повітря, необхідне для допалювання газоподібних продуктів. Конструкція решітки визначає рівномірність переміщення шару палива, умови його прогрівання, повноту згоряння та зручність видалення золи.

Більш досконалішими є ланцюгові, рухомі колосникові та вібраційні решітки. Ланцюгова решітка забезпечує безперервне переміщення палива через зони сушіння, займання, активного горіння і вигоряння. У [2] схема ланцюгової решітки показує подачу палива на решітку, підведення первинного повітря знизу, введення вторинного повітря в камеру горіння, відведення димових газів і видалення подової золи.

Рухомі колосникові решітки можуть бути похилими або горизонтальними. Їх конструкція забезпечує поступове перештовхування палива по довжині топки. Це дозволяє краще контролювати товщину шару, тривалість перебування палива у зоні горіння та процес вигоряння твердого залишку. Вібраційні решітки додатково створюють коливальний рух, завдяки якому паливо переміщується, розпушується і рівномірніше взаємодіє з повітрям.

Сучасна конструкція топки на біомасі має включати не лише решітку і камеру горіння, а й систему охолодження та регулювання теплового режиму. До важливих технічних рішень належать водяне охолодження стінок топки, рециркуляція димових газів, водяне охолодження колосників і застосування

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur "Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises", May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

обмурівки. Такі елементи підвищують надійність роботи обладнання, зменшують перегрівання окремих вузлів і дозволяють стабілізувати процес спалювання.

Окрему групу становлять установки з киплячим шаром. У них паливо спалюється в шарі інертного матеріалу, який переводиться у псевдозріджений стан потоком повітря. Така конструкція забезпечує інтенсивний теплообмін, рівномірний температурний режим і можливість використання різних видів подрібненої біомаси. Водночас ці установки складніші за конструкцією, потребують точного регулювання швидкості повітря, контролю шару інертного матеріалу та застосовуються переважно для середніх і великих потужностей, для стаціонарного киплячого шару 5–15 МВт, а для циркулюючого киплячого шару – 15–100 МВт.

Важливим вузлом будь-якої установки є система подачі повітря. Первинне повітря подається в шар палива і забезпечує його прогрівання, займання та горіння твердого залишку. Вторинне повітря вводиться вище шару палива і використовується для допалювання газоподібних продуктів. У складніших установках може застосовуватися третинне повітря. Такий поділ дає можливість краще керувати процесом горіння, зменшувати втрати від неповного згорання та підтримувати стабільну температуру в камері [1].

Не менш важливою є система золовидалення. Під час спалювання біомаси утворюється подова і летка зола, тому конструкція установки повинна передбачати зольники, люки для очищення, шнекові або скребкові транспортери. Для аграрної біомаси це питання особливо важливе, оскільки кількість золи може бути більшою, ніж при використанні деревних гранул або тріски. За сучасними оглядами, проблеми золи біомаси пов'язані з відкладеннями, забрудненням поверхонь нагріву, агломерацією та потребою у спеціальних методах зменшення цих явищ [4]

Висновки

Таким чином, конструктивне виконання енергетичної установки повинно забезпечувати рівномірну подачу палива, стабільне горіння, повне вигорання залишку, контроль температурного режиму та надійне видалення золи. Саме ці технічні чинники визначають ефективність, довговічність і практичну придатність установок для спалювання біомаси.

Список літератури

1. Виробництво енергії з біомаси в Україні: технології, розвиток, перспективи / Ін-т технічної теплофізики НАН України ; за ред. Г. Гелетухи. Київ : Академперіодика, 2022. 373 с.
2. Крамар В. Г. Технологічні аспекти спалювання біомаси в енергетичних установках: презентація. ТОВ «НТЦ “Біомаса”», Біоенергетична асоціація України, 2023.
3. IEA Bioenergy Annual Report 2023. IEA Bioenergy : ExCo, 2024. 118 p. URL: All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

4. Abioye K. J., Harun N. Y., Sufian S., Yusuf M., Jagaba A. H., Ekeoma B. C. та ін. A review of biomass ash related problems: Mechanism, solution, and outlook. *Journal of the Energy Institute*. 2024. Vol. 112. Article 101490. DOI: 10.1016/j.joei.2023.101490.

Секція 5. Цифровізація, автоматизація та Smart-технології в агровиробництві

УДК 631.147:631.58:004.9

БІОІНТЕНСИВНІ ТА SMART-ТЕХНОЛОГІЇ В ОРГАНІЧНОМУ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Кутковецька Т.О.

кандидат економічних наук, доцент
Уманський національний університет

На сьогодні прагнення до збільшення обсягів виробництва харчової продукції загалом, призвело до застосування інтенсивних технологій у сільськогосподарському виробництві та використанні великих кількостей хімічних мінеральних добрив, засобів захисту рослин, стимуляторів росту і т.д. Інтенсифікація сільського господарства з врахуванням хімізації зумовила глобальні екологічні проблеми. Такі наслідки неминуче призвели до необхідності споживання органічної, екологічно чистої продукції та ведення здорового способу життя. Органічне сільське господарство представляє такий вид аграрного виробництва, який забезпечує виробництво харчової продукції із збереженням екології та здоров'я тварин і людей, що можливо через застосування біоінтенсивних органічних технологій, які передбачають й забезпечують відмову від впливу на рослини, ґрунт та тварини синтетичних добрив, пестицидів і традиційних ветеринарних препаратів [3].

В даний час органічним вирощуванням сільськогосподарських культур займається понад 180 країн світу. Лідерами споживання органічної продукції є США, Китай, Канада, країни ЄС, які забезпечують 77% попиту [3]. Споживання органічної продукції в світі за останнє десятиліття зросло більше ніж у 2 рази, проте ринки збуту органічної продукції в Європі та США не забезпечені власним виробництвом.

Головна ідея виробництва органічної продукції – це співучасть у глобальному тренді з виробництва здорової їжі в гармонії з природою. Зростання обсягів органічного сільськогосподарського виробництва та продукції з покращеними характеристиками неможливий без застосування біоінтенсивних органічних технологій. Згідно з цією технологією, органічна ферма розглядається, як живий організм з природним кругообігом, де тварини знаходяться в природних умовах з вигулом, отримуючи корм із власних полів та пасовищ. Гній від тварин компостується, поєднується з корисною рослинною

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

масою та добавками натуральних біоактивних препаратів, потім вноситься в ґрунт родючих полів [3]. В результаті складається інтелектуальна система управління «розумною» фермою.

Дослідження щодо застосування біоінтенсивних та Smart-технологій в органічному вирощуванні сільськогосподарських культур проводяться багатьма вченими [1, 2]. Науково-дослідні роботи здійснюються за такими напрямками:

1) розробка та удосконалення технології підвищення родючості ґрунтів з використанням сидератів;

2) покращення постачання ґрунтів органічними речовинами шляхом сівозмін;

3) використання органічних добрив, таких як гній, компост та ефективні мікроорганізми;

4) виробництва та впровадження біопрепаратів для захисту рослин;

5) впровадження мінімальної, мульчованої та нульової технології обробітку ґрунту;

б) дослідження агрохімічного стану та біологічної активності орних ґрунтів.

Сучасні наука та життя тісно пов'язані з цифровими технологіями, які проникають у всі сфери людської діяльності. Це обумовлено їх перевагами: отримання високоякісної та математично точної інформації, можливість обробки великих масивів даних, доступність, скорочення витрат праці та ін. Сільське господарство не стало винятком. При управлінні сільськогосподарським виробництвом недоотримання прибутку, а іноді й збитків, збільшення витрат праці та матеріальних ресурсів тісно пов'язані з відсутністю або несвоєчасним отриманням інформації на всіх етапах виробництва продукції рослинництва та неоптимальним вибором технології вирощування культур [1].

У зв'язку з цим стає актуальним застосування інформаційних систем при виборі технологій обробітку сільськогосподарських культур на основі наукового підходу та досягнень науково-технічного прогресу, розумних технологій з оцінкою їх економічної ефективності для прийняття рішень під час вирощування продукції рослинництва. Переваги використання розумних технологій у сільському господарстві наступні [1]:

- використання штучного інтелекту для оптимізації біологічних та виробничих процесів;

- контроль індивідуальних надоїв тварин, системи автоматизованої нормованої індивідуальної та групової годівлі тварин, стимулювання та облік споживання кормів;

- роботизовані системи роздачі та переміщення кормів на кормовий стіл;

- діагностика захворювань тварин на основі нейромереж.

При використанні розумних технологій у сільському господарстві створюється база даних за такими показниками, як: клімат, родючість ґрунту, накопичення вологи, процес росту сільськогосподарських культур та здоров'я

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur "Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises", May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

тварин, що дозволяє виробникам контролювати виробничі процеси, ефективність і продуктивність праці та керувати ними на основі інформації із бази даних. На підставі цієї бази даних стає можливим запобігання ризикам, планування та розрахунок продажів з використанням можливості регулярного моніторингу й управління виробничою діяльністю.

Отже, Smart-технології дозволяють [2]:

1) здійснювати управління витратами та скоротити відходи за рахунок контролю всіх виробничих процесів;

2) підвищити ефективність виробничої діяльності за допомогою автоматизації виробничого процесу;

3) забезпечити суворе дотримання стандартів у технологічному процесі виробництва, постійний контроль виробничого процесу технології за допомогою автоматичного обладнання, а також покращення якості продукції.

Використання всіх цих переваг створює умови для розвитку галузі виробництва органічної сільськогосподарської та харчової продукції.

Таким чином, в сучасному сільськогосподарському виробництві органічне вирощування культур набуває все більшого значення. Крім цього, використання автоматизованих технологій у веденні господарства значно покращує ведення такого виробництва. Зокрема, Smart-технології, які на сьогодні використовують досить часто, трансформують агросектор, перетворюючи його на високотехнологічну галузь, де рішення приймаються не «на око», а на основі точних даних.

Список літератури

1. Руденко М.В. Технології цифрової трансформації сільськогосподарських підприємств. *Агросвіт*. 2019. № 23. С. 8–18. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2019.23.8>
2. Юрчук Н.П., Кіпоренко С.С. Розвиток технологій Big Data в умовах цифрових трансформацій. *Агросвіт*. 2021. № 9-10. С. 60–68. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.9-10.60>.
3. Яненко І., Буга Н. Перспективи розвитку органічного виробництва в Україні. *Актуальні проблеми економіки*. 2015. №2. С. 117–125.

УДК 635.21

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПРОТРУЮВАННЯ КАРТОПЛІ

Кобець Олександр Миколайович, к.т.н., доцент, доцент кафедри тракторів і сільськогосподарських машин ДДАЕУ

Жадан Владислав Олександрович, здобувач I рівня освіти спеціальності «Агроінженерія» ДДАЕУ

Сучасне картоплярство характеризується підвищеними вимогами до якості посадкового матеріалу, що безпосередньо впливає на врожайність, All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

стійкість рослин до хвороб та економічну ефективність виробництва. Одним із ключових технологічних заходів передпосівної підготовки є протруювання бульб картоплі, яке забезпечує захист рослин на початкових етапах росту від комплексу ґрунтових та насінневих інфекцій, а також шкідників [1].

Протруювання картоплі являє собою процес нанесення на поверхню бульб спеціальних препаратів, що містять фунгіцидні, інсектицидні або комбіновані діючі речовини. Ефективність цього процесу визначається рівномірністю покриття, точністю дозування, збереженням біологічних властивостей бульб та мінімізацією втрат препарату [2].

У практиці сільського господарства застосовується декілька основних способів протруювання картоплі: сухий, напівсухий, мокрий (рідинний), аерозольний та комбінований (рис. 1) [3, 4].

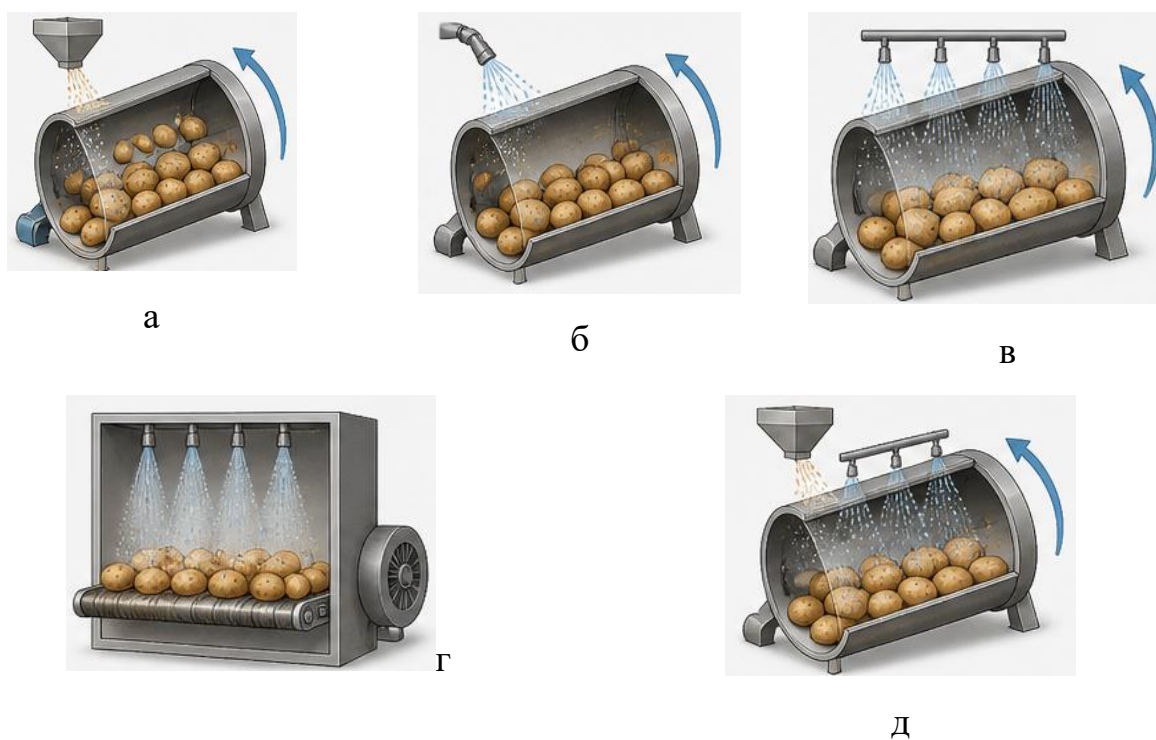


Рис. 1. Способи протруювання картоплі:

а – сухий; б – напівсухий; в – мокрий; г – аерозольний; д – комбінований

Сухий спосіб (рис. 1а) передбачає обробку бульб порошкоподібними препаратами. Його перевагами є простота реалізації, відсутність потреби у воді та невисока енергоємність. Однак цей спосіб характеризується недостатньою рівномірністю покриття поверхні бульб, значними втратами препарату через осипання, а також підвищеною запиленістю робочої зони, що негативно впливає на умови праці.

Напівсухий спосіб (рис. 1б) базується на використанні зволжених порошкоподібних або пастоподібних препаратів, що частково покращує їх утримання на поверхні бульб. Порівняно із сухим методом, він забезпечує

кращу адгезію препарату, однак не повністю усуває проблему нерівномірного розподілу та втрат діючої речовини.

Найбільш поширеним у сучасних умовах є мокрий (рідинний) спосіб (рис. 1в) протруювання, який передбачає нанесення водних розчинів або суспензій препаратів за допомогою розпилювачів. Цей метод забезпечує високу рівномірність покриття, точність дозування та кращу фіксацію препарату на поверхні бульб. Разом із тим, він потребує більш складного обладнання, контролю параметрів процесу (тиску, витрати рідини, розміру крапель) та може супроводжуватися надлишковим зволоженням бульб, що іноді негативно впливає на їх збереження.

Аерозольний спосіб (рис. 1г) є різновидом рідинного протруювання і полягає у створенні дрібнодисперсного туману препарату, який рівномірно осідає на поверхні бульб. Його основною перевагою є висока рівномірність обробки та економія препарату. Однак реалізація цього способу потребує спеціалізованого обладнання та точного контролю технологічних параметрів.

Комбіновані способи (рис. 1д) протруювання поєднують переваги різних методів і можуть включати, наприклад, попереднє зволоження бульб з наступним нанесенням препарату або використання багатокомпонентних систем обробки. Такі технології дозволяють підвищити ефективність захисту, проте відзначаються більшою складністю реалізації.

Аналіз існуючих технічних засобів для протруювання картоплі показує, що вони можуть бути поділені на періодичної та безперервної дії [4]. Машини періодичної дії (барабанні, камерні) забезпечують високу якість обробки, однак мають обмежену продуктивність. У свою чергу, машини безперервної дії (шнекові, транспортерні, барабанно-транспортерні) є більш продуктивними та краще пристосованими до умов промислового виробництва, проте потребують ретельного налаштування для досягнення рівномірності покриття.

Важливим аспектом є взаємозв'язок між конструктивними параметрами машин та якістю протруювання. До основних факторів, що впливають на ефективність процесу, належать швидкість руху бульб, тривалість їх перебування у зоні обробки, рівномірність подачі препарату, дисперсність розпилення та конструкція робочих органів. Недотримання оптимальних параметрів призводить до перевитрати препарату або недостатнього захисту рослин.

Окрему увагу слід приділити екологічним та економічним аспектам протруювання [1]. Надлишкове використання препаратів не лише підвищує собівартість продукції, але й може негативно впливати на довкілля. Тому сучасні тенденції розвитку технологій протруювання спрямовані на зниження норм витрати препаратів, підвищення точності їх дозування та мінімізацію втрат.

Проведений аналіз показує, що найбільш ефективним з точки зору якості обробки та економії препаратів є мокрий спосіб протруювання з використанням сучасних розпилювальних систем. Разом із тим, для досягнення максимального

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

ефекту необхідне подальше удосконалення конструкцій машин, спрямоване на забезпечення рівномірності покриття, зменшення травмування бульб та підвищення надійності роботи обладнання.

Список літератури

1. Хомик Н.І. Агрозахист: навчальний посібник / Н.І. Хомик, В.В. Мартинюк, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.
2. Куценко В. С. Картопля. Хвороби і шкідники. Київ: 2003. Т. 2. 240 с.
3. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навчальний посібник. 4-те вид., випр. і доп. Львів : Українські технології, 2014. 1040 с.
4. Писаренко В. М. Піщаленко М. А., Поспелова Г. Д., та ін. Інтегрований захист рослин. Полтава, 2020. 245 с.

УДК 631.816.3

ОГЛЯД СПОСОБІВ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ
Кобець Олександр Миколайович, к.т.н., доцент, доцент кафедри тракторів і сільськогосподарських машин ДДАЕУ
Шмідт Юлія Юріївна, здобувачка І рівня освіти спеціальності «Агроінженерія» ДДАЕУ

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується зростанням ролі інтенсивних технологій, серед яких важливе місце займає застосування рідких мінеральних добрив. Їх використання забезпечує високу доступність елементів живлення для рослин, можливість точного дозування та рівномірного розподілу, що є передумовою підвищення врожайності та ефективності аграрного виробництва. Разом із тим, ефективність використання добрив значною мірою залежить від способу їх внесення та технічного забезпечення процесу.

У практиці землеробства застосовується декілька основних способів внесення рідких мінеральних добрив: поверхнєве, внутрішньогрунтове, прикоренєве, краплинне та диференційоване [1, 2].

Поверхнєве внесення (рис. 1.) є найбільш поширеним і здійснюється за допомогою штангових обприскувачів шляхом розпилення робочого розчину над поверхнею поля. Основною перевагою цього способу є універсальність і висока продуктивність. Проте він характеризується значними втратами добрив унаслідок знесення крапель вітром, випаровування та нерівномірного потрапляння в прикоренєву зону, особливо при обробці високостеблових культур [3].

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

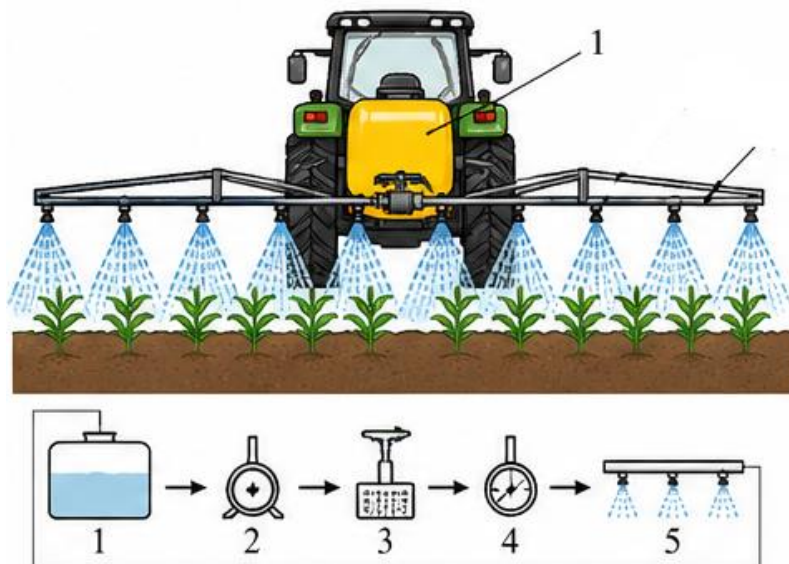


Рис. 1 – Поверхнєве внесення:

1 – бак; 2 – насос; 3 – фільтр; 4 – регулятор тиску; 5 – штанга з розпилювачами

Внутрішньо-грунтове внесення (рис. 2) передбачає подачу добрив безпосередньо у ґрунт на задану глибину за допомогою спеціальних робочих органів. Такий спосіб забезпечує максимальне наближення поживних речовин до кореневої системи та значно зменшує їх втрати. Водночас він потребує більш складних і енергоємних технічних засобів та може супроводжуватися додатковим ущільненням ґрунту [1, 3].

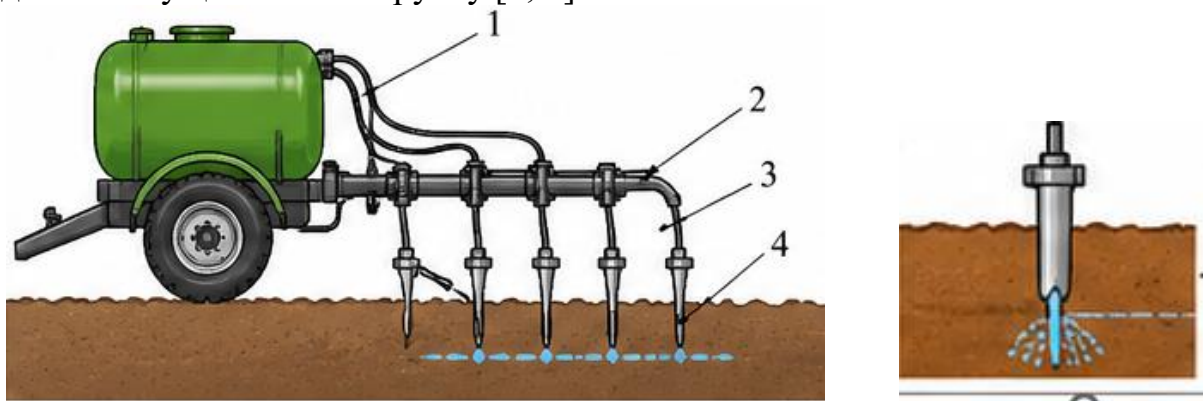


Рис. 2. Підгрунтове внесення:

1 – бак; 2 – розп'одільник; 3 – трубопроводи; 4 – робочі органи

Прикореневе внесення є проміжним варіантом і полягає у локальному внесенні добрив у міжряддя поблизу рослин. Цей спосіб дозволяє підвищити коефіцієнт використання поживних речовин, зменшити їх витрати та забезпечити більш цілеспрямоване живлення культур. Особливо ефективним він є для просяпних культур, таких як кукурудза та соняшник [3].

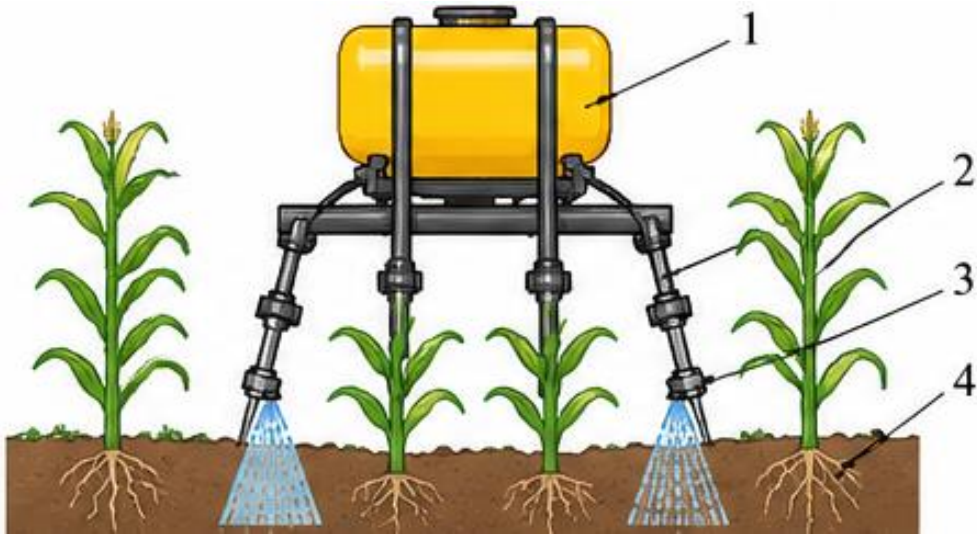


Рис. 3. Прикореневе внесення:

1 – бак; 2 – подовжувачі; 3 – розпилювач; 4 – коренева система рослин

Краплинне внесення (фертигація) здійснюється через системи зрошення і забезпечує подачу добрив разом із водою безпосередньо в зону кореневої системи. Цей спосіб характеризується найвищою ефективністю використання добрив, однак вимагає значних капіталовкладень і високої якості води [3].

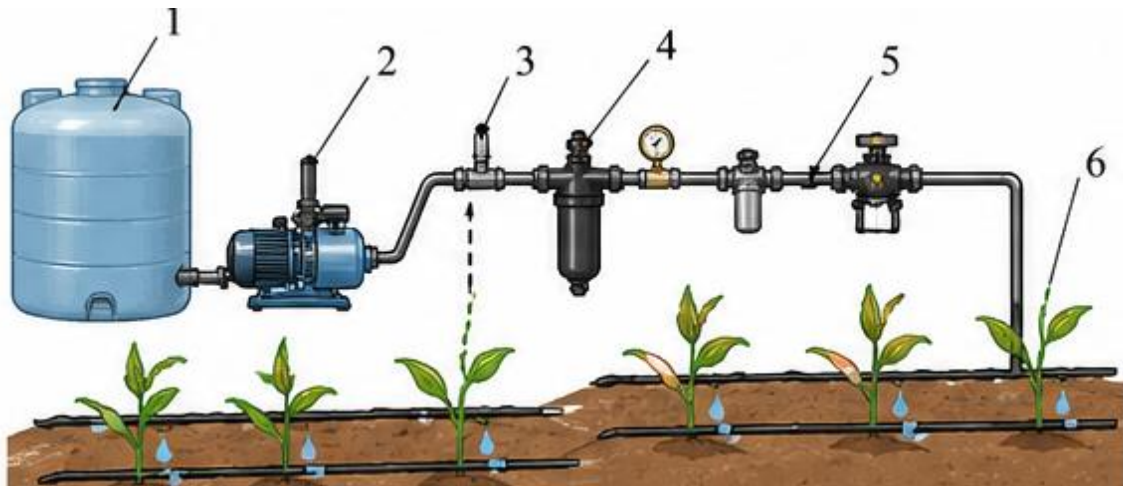


Рис. 4. Краплинне внесення (фертигація):

1 – бак; 2 – насос; 3 – фільтр; 4 – регулятор тиску;

5 – магістральний трубопровід; 6 – крапельні лінії з крапельницями

Диференційоване внесення (рис. 5) базується на технологіях точного землеробства і передбачає зміну норми внесення залежно від просторової неоднорідності поля. Реалізація цього способу дозволяє оптимізувати використання ресурсів, підвищити економічну ефективність та зменшити негативний вплив на довкілля, проте потребує сучасного технічного оснащення і цифрових систем керування [3].

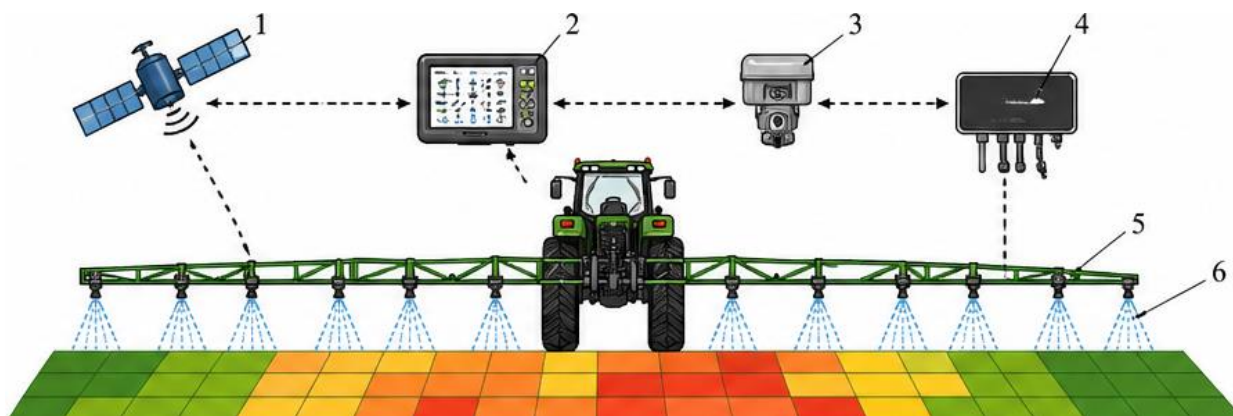


Рис. 5. Дифереційоване внесення:

- 1 – GPS-навігація; 2 – бортовий комп'ютер; 3 – датчики стану рослин, урожайності; 4 – блок керування нормою внесення; 5 – секційні клапани; 6 – розпилювачі.

Проведений аналіз показує, що ефективність застосування рідких мінеральних добрив визначається не лише їх фізико-хімічними властивостями, але й технологією внесення та рівнем технічного забезпечення процесу.

Встановлено, що традиційне поверхневе обприскування, незважаючи на свою універсальність і поширеність, супроводжується значними втратами добрив унаслідок знесення, випаровування та нерівномірного розподілу. Внутрішньогрунтове та краплинне внесення забезпечують більш ефективне використання поживних речовин, однак потребують складнішого технічного оснащення та більших витрат. Найбільш перспективним напрямом удосконалення технологій є прикореневе внесення, яке дозволяє забезпечити цілеспрямовану подачу добрив у зону живлення рослин.

Список літератури

1. Дідур, В., В'юник, О., Комар, А. Аналіз способів внесення добрив. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 12(1), 1 з 3. <https://doi.org/10.31388/sbtsatu.v12i1.281>
2. Войновський В.В., Куянов В.В., Миропольський О.М. Техніка для внесення твердих і рідких мінеральних добрив різними способами. // Техніка і технології АПК. 2021. №3 (120). С. 18-22.
3. Кобець О. М., Лепеть Є. І. Аналіз способів внесення рідких мінеральних добрив. **Наукові основи адаптивного землеробства:** матеріали Міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 100-річчя від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка ФЕДОРА ТРОХИМОВИЧА МОРГУНА, 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету та

Міжнародного дня здоров'я рослин (16-17 травня 2024 року, м. Дніпро).
Дніпро: ДДАЕУ, 2024. с. 373-374.

УДК 631.51:631.3:614.8:681.518

КЕРОВАНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО В УМОВАХ МІННОЇ НЕБЕЗПЕКИ: ІНТЕГРАЦІЯ CONTROLLED TRAFFIC FARMING, ШИРОКОКОЛІЙНИХ СИСТЕМ ТА СЕНСОРНОЇ ДЕТЕКЦІЇ

Кувачов В.П.

д.т.н., професор

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

Постановка проблеми. В умовах військових дій і мінної небезпеки в країні та світі значні площі орних земель опинилися забрудненими вибухонебезпечними предметами (ВНП). Для швидкого виявлення мін в польових умовах існує багато способів та технічних засобів для цього [1-4]. Зокрема, американські інженери розробили лазерний сенсор LAMBDIS із рухомої платформи для розмінування. В Україні вже застосовують модифіковану техніку для обстеження полів. Таким чином, виникає нагальна потреба в інтегрованій агротехнології, яка забезпечить безпечний обробіток забруднених ВНП угідь.

Традиційна агротехніка потребує контакту робочих органів із ґрунтом, що в умовах наявності ВНП створює протиріччя: обробка поля необхідна, але вона ризикована. Традиційні системи безпеки (розмінування мін або бронювання техніки) не здатні повністю усунути загрозу [4]. Зазвичай розмінування проводять окремо від агровиробництва, а захист від підриву полягає лиш у підвищеній міцності техніки або евакуації людини, але загроза не зникає. Отже, ключовою науковою проблемою є відсутність системного підходу, що об'єднає управління рухом техніки, конструкцію агрегатів та сенсорне виявлення ризиків у єдину безпечну модель керованого землеробства в умовах наявності ВНП.

Аналіз останніх досліджень. Controlled Traffic Farming (CTF) – концепція керованого землеробства, за якою рух технічних засобів на полі відбувається по строго визначеним постійним технологічним коліям [5]. В якості енергетичного модуля за цією концепцією найбільш доцільним є використання так званих ширококолієвих засобів (Wide Span Vehicles) з шириною колій 6–12 м і більше, що дозволяє займати 7–10 % площі поля під технологічну зону [6].

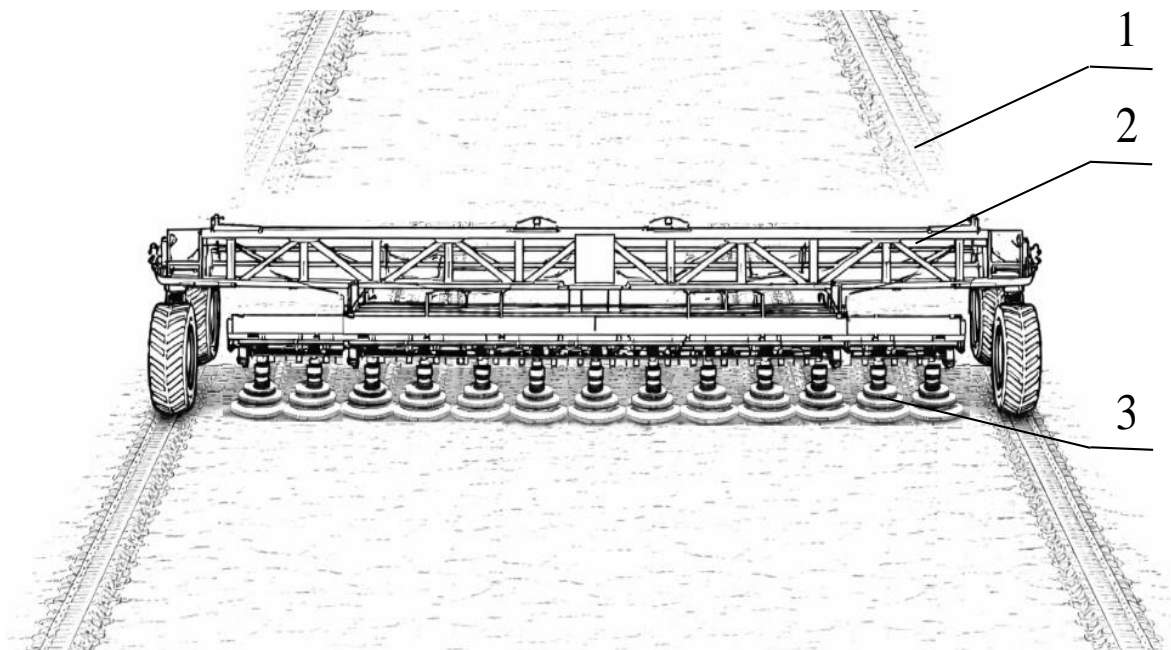
Водночас сучасні розробки в галузі сенсорних систем в аграрній техніці розширюють можливості таких машин. Відомий досвід впровадження All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

металошукачів для виявлення сторонніх предметів у матеріалі у комбайнах і кормозбиральних комбайнах. З'являються двочастотні системи (метал + радар) і детектори нового покоління [1-4]. Наприклад, Ground-Penetrating Radar (GPR) використовує радіохвилі для виявлення змін щільності в ґрунті – він виявляє навіть пластикові міни по різниці у щільності або повітряних порожнинах навколо них. Останні дослідження демонструють нові підходи. Система LAMBDIS (Laser Multi-Beam Differential Interferometric Sensor) формує сітку лазерних променів і реєструє вібрації ґрунту під дією вимушеної хвилі. Цей метод дозволяє сканувати великий масив землі із рухомої платформи з швидкістю до 16 км/год. Пристрій створює карту ґрунтових аномалій, де ймовірно приховані міни.

Відомі приклади роботизованих систем з інтегрованими рішеннями типу трактора Voltrac – 3,5-тонного електричного «бронетрактора» зі вбудованими камерами та сенсорами. Він спроектований для сільськогосподарських операцій вдень та для військових потреб вночі. У Voltrac наявний комплекс камер і сенсорів, який може бути використаний і для моніторингу поля, і для виявлення мінних пасток [7]. Компанія повідомляє, що трактор здатен дистанційно сканувати ділянки на наявність мін або саморобних вибухових пристроїв [7].

Мета досліджень є розробка концепції безпечного землеробства, у якій техніка рухається по чітко контрольованих коліях (СТФ), а зони взаємодії з ґрунтом контролюються й адаптуються за допомогою ширококолісного засобу та сенсорів детекції ВВП. Ця інноваційна система має локалізувати та мінімізувати зони ризику підриву, переходячи від пасивного захисту до активного запобігання.

Виклад основного матеріалу. Основна ідея керованого землеробства в умовах мінної небезпеки полягає у функціональній інтеграції трьох компонентів: СТФ, ширококолісного енергетичного засобу та сенсорної системи сканування (наприклад, металодетекторів, GPR чи лазерних сканерів) перед робочим органом (рис. 1).



**Рис. 1. Схема керованого землеробства в умовах мінної небезпеки:
1 – СТФ; 2 – ширококоліїний енергетичний засіб; 3 – сенсорні детектори.**

Основними елементами такої системи представлені далі.

1) *Технологічні колії СТФ* – рух с.-г. техніки по них мінімізує площу їх контакту з ґрунтом і концентрує ризик ініціювання мін у чітко визначених смугах. Використовуючи супутникове наведення, можна підтримувати точність курсу с.-г. агрегатів і зберігати постійність технологічних колій.

2) *Ширококоліїний енергетичний засіб* – рушії якого розташовані лише на технологічних коліях, а між ними залишається агротехнічна зона поля. Це означає, що тільки 6–10% площі поля контактують з рушіями с.-г. засобів, що мінімізує ймовірність випадкового потрапляння на ВНП.

3) *Набір датчиків* (металошукача, GPR або лазерного сканера LAMBDIS) встановлених окремо або перед с.-г. робочими органами на ширину обробітку ґрунту. Ця система безперервно формує карту ризиків: локалізує підповерхневі аномалії, що можуть свідчити про ВНП. Наприклад, лазерна сітка LAMBDIS відстежує вібрації ґрунту, а радарна система визначає зміни щільності ґрунту. Отримані дані обробляє бортовий комп'ютер.

4) *Система прийняття рішення*, яка на основі карти ризиків або зупиняє рух машини, якщо сенсори фіксують підвищений ризик, або розмінує і т.і. Така адаптивна робота техніки на ґрунтообробних операціях (аналог adaptive tillage) дозволяє мінімізувати контакти там, де ймовірність підриву велика [8].

5) *Секційні робочі органи*, де кожна частина широкої рами має незалежне відключення секцій робочих органів. У разі небезпеки

оператор або автоматика може миттєво виключити певний фрагмент агрегату (плуги, диски тощо), залишивши цю зону неторкнutoю.

Технологічні режими роботи згаданої системи керованого землеробства:

1) “*Scan-before-touch*”: сканування ґрунту перед фізичним обробіткою (за аналогії, як у безпілотників).

2) “*Selective tillage*”: селективний обробіток (прохід тільки по безпечним ділянкам, за можливості перевірка і тільки потім обробка).

3) “*Risk-adaptive*” режим: глибина та інтенсивність обробітку змінюються залежно від зафіксованого ризику на даній ділянці (як показують дослідження з адаптивної культивування, це істотно підвищує ефективність операцій [8]).

Висновки. Поєднання СТФ, широкозахватної техніки та сенсорних систем формує нову парадигму безпечного керованого землеробства. Такий підхід перемикає акцент із «реагування на вибух» на «просторове уникнення ризику». Наукова новизна концепції полягає в тому, що вперше запропоновано інтегрувати технологічні колії, ширококоліяну машину та технологічне сканування ґрунту в єдину модель:

- нова парадигма якої – переорієнтація з підвищення міцності захисту на запобігання небезпеці шляхом мінімізації контактних зон;

- новий об’єкт дослідження: керована простірна взаємодія техніки з потенційно небезпечним ґрунтом (зв’язок площі контакту та ризику);

- новий агротехнологічний підхід: активне виявлення ризиків і цілеспрямований вплив тільки на безпечні ділянки, датчики стають невід’ємною частиною технологічного циклу, а не окремим етапом розмінування.

Список літератури

1. Shen D., Gao Q., Wang P., Jian Z., Chen M. Application of Metal Detection Technology in Agricultural Machinery Equipment. *AgriEngineering*. 2026. Vol. 8, No 1. P. 15.

2. Радевич І. Американські інженери створили лазер для швидкого виявлення мін під землею. *Nauka.ua*. 2024. 11 листоп. URL: <https://nauka.ua/news/amerikanski-inzheneri-stvorili-lazer-dlya-viyavlennya-min-pid-zemleyu> (дата звернення: 20.04.2026).

3. James Madison University. Laser Technology Transforms Landmine Detection. *CISR News*. 2024. 9 груд. URL: <https://www.jmu.edu/cisr/news/2024/12/09-laser-technology-transforms-landmine-detection.shtml> (дата звернення: 20.04.2026).

4. Minelab. Understanding Ground Penetrating Radar in Mine Detection: How It Works and When to Use It. *Countermine Knowledge Base*. URL: <https://www.minelab.com/knowledge-base/countermine/understanding-ground-penetrating-radar-in-mine-detection> (дата звернення: 20.04.2026).

5. Bulgakov V., Nikolaenko S., Pascuzzi S., Kuvachov V. Theoretical Studies of the Relationship Between the Parameters of the Bridge Tractor and the Engineering Area of the Field. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2023. Vol. 289. P. 49–59.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

6. Булгаков В.М., Адамчук В.В., Кувачов В.М. Оцінювання енергонасиченості ширококолієних (портальних) транспортних засобів сільськогосподарського призначення. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2021. № 4 (103). С. 15–25.

7. DeGeurin M. This 'dual-use' electric tractor can sow fields and run guns. *Popular Science*. 2025. 6 черв. URL: <https://www.popsoci.com/technology/voltrac-autonomous-tractor> (дата звернення: 20.04.2026).

8. Jørgensen M. H. Adaptive tillage systems. *Agronomy Research*. 2014. Vol. 12, No 1. P. 95–100.

УДК 631.417.2:528.8:004.9

МЕТОДИКА ІНТЕГРОВАНОЇ ДИСТАНЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ ДЕФІЦИТУ ФОСФОРУ: ВІД СУПУТНИКОВОГО МАКРОЗОНУВАННЯ ДО СЕНСОРНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ

Войтік Андрій Володимирович

Кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії
Уманський національний університет

Фосфор (P) є критичним елементом енергетичного обміну рослин, проте його діагностика на ранніх етапах вегетації ускладнена. На відміну від азоту, дефіцит якого проявляється швидким хлорозом, фосфорне голодування часто перебігає у прихованій формі. Традиційний ґрунтовий аналіз дає середньозважені показники, але не враховує динамічну фіксацію фосфору через коливання рН та карбонатності. Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) відкриває шлях до предиктивної діагностики, дозволяючи виявити фізіологічний стрес до появи візуальних симптомів (антоціанового забарвлення).

Етап I: Наукове обґрунтування макрозонування та ретроспективного аналізу. Концепція базується на теорії просторової стабільності фітоценозів. Ділянки поля з хронічно низьким вмістом доступного фосфору зазвичай демонструють стабільно нижчу вегетаційну масу протягом 3–5 років. Використання часових рядів NDVI (індекс вегетації) та NDRE (Normalized Difference Red Edge) дозволяє відділити випадкові фактори (пошкодження технікою, локальні шкідники) від системних лімітуючих чинників ґрунту.

Практична реалізація:

1. Формування "Цифрового паспорта поля": Завантажуються дані Sentinel-2 з роздільною здатністю 10 м. Обчислюється медіанне значення NDVI за останні 5 сезонів.
2. Аналіз P-фіксації: На отримані карти накладаються дані агрохімічного обстеження (шари рН та вмісту CaCO₃). Встановлено, що при рН > 7.5 фосфор зв'язується в нерозчинні фосфати кальцію, а при рН < 5.5 – алюмінію та заліза. Перетин зон низького NDRE та аномального рН маркується як «Зона високого ризику фосфорного дефіциту».

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur "Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises", May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

3. Розрахунок індикатора N:P: Оскільки поглинання азоту прямо залежить від фосфорного статусу, аномально низьке співвідношення цих індексів на старті вегетації є першим сигналом.

Етап II: Активна діагностика та мультимодальний скаутинг. На певних стадіях розвитку рослина переходить на автономне живлення, вичерпавши запаси насінини. Саме в цей момент спектральна сигнатура дефіциту P стає найбільш виразною. Ми пропонуємо використання індексу CCCI (Canopy Chlorophyll Content Index), який базується на співвідношенні NDRE та NDVI. CCCI менш чутливий до щільності посіву, що дозволяє виокремити саме хімічний стрес (вміст хлорофілу та фосфору) від механічного зрідження.

Практична реалізація:

1. Мультиспектральна зйомка, одночасно знімається термальний шар. Висока температура листової поверхні (індекс CWSI) при нормальній вологості ґрунту вказує на порушення транспірації, що часто супроводжує дефіцит P через поганий розвиток коренів.

2. Сенсорна верифікація (Ground Truth): В аномальних точках проводиться вимірювання приладом, наприклад, SPAD-502. Оскільки фосфор критичний для енергетики хлоропластів, існує пряма кореляція між SPAD-показником та рівнем фосфорного живлення.

3. Експрес-тестування: Використання портативних фотометрів для аналізу витяжки ґрунту безпосередньо в полі підтверджує, чи є стрес наслідком відсутності елемента, чи його недоступності через рН.

Економічний ефект та висновки.

Запропонована методика дозволяє реалізувати диференційоване внесення добрив (VRT). Замість суцільного підживлення, фосфор вноситься лише в зони підтвердженого дефіциту. Це знижує витрати на добрива на 15–22% та запобігає евтрофікації прилеглих водойм через надлишковий стік фосфатів. Таким чином, інтеграція супутникових та дронних даних перетворює моніторинг із реактивного («лікування наслідків») на проактивний («управління ресурсом»).

Список літератури

1. Tarariko O. G. et al. (2019). *Remote sensing of Earth in agriculture*. Agrarian Science.
2. Gitelson A. A. (2013). *Remote estimation of chlorophyll content in higher plant leaves*. Journal of Plant Physiology.
3. Black C. A. (2018). *Soil-plant relationships*. John Wiley & Sons.
4. Haboudane D. et al. (2002). *Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content*. Remote Sensing of Environment.

УДК 004.94:631.24

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ МОДУЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗБЕРІГАННЯ: ІНТЕГРАЦІЯ САД-СИСТЕМ

Гонта Дмитро Володимирович

викладач-стажист

Уманський національний університет

Вступ. Сучасний етап цифровізації агропромислового комплексу вимагає переходу від статичного проектування до динамічного супроводу об'єктів протягом усього їхнього життєвого циклу. Для малотоннажних підприємств переробки та зберігання продукції критичним фактором є мінімізація капітальних витрат. Впровадження технології цифрових двійників (Digital Twins) на базі інтеграції сучасних хмарних САД-систем та геометричних методів просторової оптимізації дозволяє розрахувати реальне навантаження на елементи сховища у реальному часі, ліквідуючи інтелектуальну ліню при інженерних розрахунках [1].

Методологія дослідження. Концепція цифрового двійника модульного комплексу базується на тривимірній параметричній моделі, що інтегрована з датчиками моніторингу навколишнього середовища. Нарисна геометрія в цьому процесі виконує роль математичного ядра для визначення поверхонь ковзання, розподілу зусиль та зон критичної деформації бункерів складної просторової форми [2]. На основі геометричних перетворень розроблено алгоритм автоматичної генерації розгортки та оптимізації ліній стикування модульних панелей.

В ході цифрових випробувань було розроблено багаторівневу структуру цифрового двійника модульного сховища, яка зв'язує геометричні параметри САПР із експлуатаційними показниками.

Таблиця 1. Функціональні рівні інтеграції цифрового двійника

| Рівень архітектури | Інструментарій та методи | Ефект для ККД системи |
|---------------------|----------------------------------|---|
| Геометричний (CAD) | Параметричне 3D-моделювання | Ліквідація помилок сумісності вузлів |
| Розрахунковий (CAE) | Метод скінченних елементів (FEA) | Зниження матеріаломісткості на 14,2% |
| Інформаційний (IoT) | Датчики тиску, термоштанги | Предиктивне виявлення вогнищ самозігрівання |

Аналіз напружено-деформованого стану стінок бункера за допомогою цифрового двійника показав, що використання стандартного листового металу сталої товщини по всій висоті модуля є неефективним. Геометрична оптимізація форми дозволила знизити загальну вартість конструкції без втрати жорсткості. Просторовий аналіз повітряних потоків у CFD-модулі САПР дозволив оптимізувати розташування вентиляційних каналів, що знизило питомі витрати енергії.

All-Ukrainian Scientific and Practical Conference named after V. A. Didur “Scientific and Practical Aspects of Sustainable Development of Small-Scale Agro Industrial Enterprises”, May 19–20, 2026, Uman National University, Uman, Cherkassy region, Ukraine

Висновки. Реалізація цифрових двійників модульних комплексів зберігання забезпечує перехід малотоннажного агровиробництва до індустрії 4.0. Віртуальна валідація конструктивних рішень повністю замінює етап натурних випробувань, знижує металомісткість на 14,2% та підвищує загальний ККД проектування обладнання.

Список літератури

1. Pylianidis, C., Osinga, S., & Athanasiadis, I. N. (2021). Introducing digital twins to agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 184, Article 105942. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105942>
2. Pérez-Pascual, A., & Lloberas, J. (2018). *A review of twin screw extruder modeling*. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/124237>