



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.

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. Дідура. «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. Дідура «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

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).

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

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, Berezhan 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**

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	
Мелентьев О. Б.	65
АГРОВОЛЬТАЇКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕЗАЛЕЖНОСТІ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЛІСОСТЕПОВОЇ ЗОНИ ЧЕРКАЩИН	
Головатюк А. А., Петриченко Є. А., Мелентьев 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**

Кувачов В.П.

86

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

Войтік А.В.

90

**ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ МОДУЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗБЕРІГАННЯ:
ІНТЕГРАЦІЯ САД-СИСТЕМ**

Гонта Д. В.

92

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 ширококолійних 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 пустотах 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 ВНП. 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).

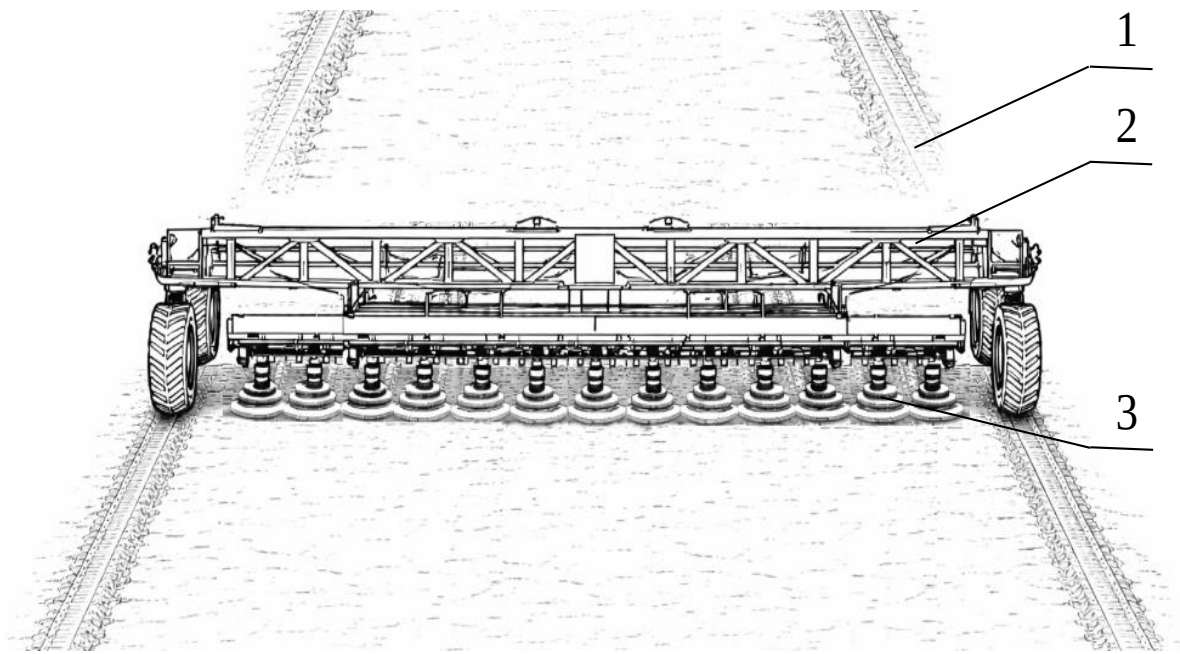


Рис. 1. Схема керованого землеробства в умовах мінної небезпеки:
1 – СТФ; 2 – ширококоліїний енергетичний засіб; 3 – сенсорні детектори.

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 неторкнутою.

Технологічні режими роботи згаданої системи керованого землеробства:

1) “*Scan-before-touch*”: сканування ґрунту перед фізичним обробітком (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, ширококоліїну 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 простірною взаємодією 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 ширококолієвих (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.popsci.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 CaCO_3). Встановлено, що при $\text{pH} > 7.5$ фосфор зв'язується в нерозчинні фосфати кальцію, а при $\text{pH} < 5.5$ – 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