

УДК 631.3:631.152.3:338.439.5

**ДОВГОРУК Юрій,**

кандидат історичних наук, старший науковий
співробітник відділу науково-методичної
роботи та реферування Національної наукової
сільськогосподарської бібліотеки НААН
(м. Київ, Україна)

dovgoruk_yura@ukr.netORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6543-895X>

ВИПРОБУВАННЯ ЗЕМЛЕРОБСЬКИХ МАШИН ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

У статті розкрито значення випробувань землеробських машин як ключового інструменту підвищення ефективності аграрного виробництва в умовах повоєнного відновлення України. Актуальність дослідження зумовлена потребою в технічному переоснащенні сільського господарства на тлі обмежених ресурсів, зростання вартості експлуатації машин і необхідності адаптації до нових економічних та кліматичних викликів. Метою дослідження є наукове обґрунтування ефективності застосування системи випробувань землеробських машин у посткризовий період шляхом аналізу її історичної еволюції, технічних характеристик, організаційної структури й управлінського потенціалу. Методологічну основу дослідження становлять структурно-функціональний підхід, порівняльний аналіз нормативної бази (ДСТУ, ISO, OECD), історико-логічне дослідження змін у функціях випробувань, а також елементи системного оцінювання технічної ефективності. Встановлено, що в сучасних умовах результати випробувань трансформуються з елементу технічної перевірки у повноцінний інструмент стратегічного планування. Окреслено адаптивні й комбіновані підходи до тестування, що враховують специфіку польової експлуатації, логістики та управлінської потреби. Виокремлено основні бар'єри впровадження протестованої техніки: фінансові обмеження, кадровий дефіцит, відсутність зворотного зв'язку з виробниками та недостатній рівень інформаційної відкритості. Доведено доцільність переходу до гібридної моделі випробувань, яка поєднує точність лабораторних методів із практичною аналітичністю польових досліджень. Практична цінність дослідження полягає у розробці рекомендацій щодо цифровізації випробувальної діяльності, формування регіональних демонстраційних платформ, оновлення професійної підготовки та інтеграції результатів

тестування в управлінські стратегії агропідприємств. Перспективним напрямом подальших досліджень визначено створення інтелектуальних систем агроверифікації та перехід до цифрових стандартів в оцінюванні техніки.

Ключові слова: сільське господарство, випробування землеробських машин, аграрна дослідна справа, тестування техніки, нормативна база.

TESTING OF AGRICULTURAL MACHINERY AS A TOOL FOR ENHANCING THE EFFICIENCY OF AGRICULTURAL PRODUCTION

The article explores the role of testing agricultural machinery as a key instrument for increasing the efficiency of agricultural production during the post-war recovery period of Ukraine. The study's relevance is driven by the urgent need for technical re-equipment of the agricultural sector under resource constraints, rising operational costs, and the necessity for adaptation to new economic and climatic challenges. The aim of the research is to scientifically substantiate the effectiveness of the agricultural machinery testing system in post-crisis conditions through an analysis of its historical evolution, technical parameters, organizational framework, and managerial potential. The methodological basis includes the structural-functional approach, comparative analysis of regulatory standards (DCTU, ISO, OECD), historical and logical examination of testing functions' transformation, and systems-based efficiency evaluation elements. The study establishes that, under contemporary conditions, the results of machinery testing are increasingly transformed from a purely technical procedure into a full-fledged strategic planning tool. Adaptive and combined testing approaches that reflect field-specific usage, logistical complexity, and managerial needs are outlined. Key barriers to implementing tested machinery are identified: limited financial resources, a shortage of qualified personnel, weak feedback mechanisms between producers and users, and restricted access to reliable performance data. The feasibility of transitioning to a hybrid testing model that combines the precision of laboratory methods with the practical representativeness of field studies is demonstrated. The practical value of the study lies in developing recommendations for the digitalization of testing procedures, establishing regional demonstration platforms, modernizing professional training, and integrating testing results into agricultural enterprise management strategies. Prospective areas for further research include developing intelligent verification systems and implementing digital evaluation standards for agricultural machinery.

Keywords: agriculture, testing of agricultural machinery, agricultural research, equipment testing, regulatory framework.

Постановка проблеми. У повоєнний період ефективного відновлення аграрного сектору стає одним із пріоритетних завдань національної економіки, оскільки сільське господарство не лише гарантує продовольчу безпеку, а й

виступає важливим чинником соціальної стабільності та регіонального розвитку. Значні втрати матеріально-технічної бази, зниження продуктивності праці та обмежений доступ до інноваційних технологій зумовлюють потребу в системному переоснащенні агропромислового комплексу. У цьому контексті особливу роль відіграє впровадження сучасних землеробських машин, здатних забезпечити високі стандарти енергоефективності, надійності та продуктивності. Проте застосування нової техніки без попереднього випробування може призвести до нераціонального використання ресурсів, низької адаптивності до конкретних умов господарювання та зниження очікуваного ефекту. З огляду на це проблема науково обґрунтованого тестування землеробських машин набуває особливої актуальності, оскільки дає змогу не лише оцінити технічні параметри та відповідність нормативам, а й виявити потенціал їхнього застосування в умовах відновлення агровиробництва. Зважаючи на необхідність підвищення рівня механізації сільського господарства, дослідження процедур, критеріїв та методик випробування сільськогосподарської техніки є важливим для розв'язання наукових та прикладних завдань, що охоплюють техніко-економічне обґрунтування вибору машин і розробку практичних рекомендацій для аграріїв у період післявоєнного відновлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Випробування землеробських машин у сучасних умовах є важливим інструментом підвищення ефективності аграрного виробництва, особливо в період післявоєнного відновлення. У дослідженнях окреслено чотири основні напрями сучасної наукової парадигми в галузі тестування сільськогосподарської техніки.

Перший напрям пов'язаний з історико-науковим становленням випробувальної діяльності. О. Деркач простежує еволюцію теоретичних підходів до випробувань землеробських машин в Україні в другій половині XIX – початку XX ст., наголошуючи на ролі технічних шкіл і наукових товариств у формуванні

перших дослідних майданчиків і критеріїв технічної оцінки [1]. О. Вісин аналізує розвиток випробувальної інфраструктури в Галичині, підкреслюючи запозичення австрійських норм та залучення аграрних товариств до технічного тестування машин у реальних господарських умовах [2]. Подальші дослідження в цьому напрямі доцільно зосередити на поглибленому аналізі регіональних практик і досвіді українських випробувальних установ для формування сучасної методологічної бази.

Другий напрям охоплює технічні інновації та модернізацію методик випробувань. М. Артёмов, Р. Антощенков, В. Антощенков, А. Аюбов описують інноваційну модель комплексного тестування техніки з урахуванням параметрів довговічності, енергоощадження й польової ефективності, що дає змогу отримувати дані для сертифікації й оптимізації моделей [3]. В. Чень (W. Chen), Г. Цао (G. Cao), Д. Юань (D. Yuan), Й. Дін (Y. Ding), Дж. Чжу (J. Zhu), Х. Чень (X. Chen) досліджують технології навантажувального тестування з використанням шестивимірних сенсорів, які підвищують точність аналізу механічних напружень, сприяючи вдосконаленню конструкції машин ще на етапі прототипування [4]. Подальші дослідження в цьому напрямі варто зосередити на створенні цифрових стандартів польових випробувань, що адаптуються до специфіки клімату, ґрунтів і типів сільськогосподарських культур.

Третій напрям присвячено цифровим технологіям і застосуванню штучного інтелекту в процесах тестування. Х. Тіан (H. Tian), Й. Ян (Y. Yang), Д. Ван (D. Wang), Х. Ю (X. Yu), З. Лю (Z. Liu), Й. Лю (Y. Liu), В. Дун (W. Dong) здійснили ґрунтовний огляд комп'ютерного зору як технології автоматичного контролю роботи машин у динаміці, що дає змогу зафіксувати похибки функціонування в реальному часі [5]. Т. Рехман (T. Rehman), Мд. Султан Махмуд (Md. Sultan Mahmud), Йонг К. Чанг (Young K. Chang), Цзянь Цзін (Jian Jin),

Джемянг Шин (Jaemyung Shin) аналізують застосування статистичних алгоритмів машинного навчання для агровізуальних систем, здатних обробляти значні масиви зображень із польових випробувань [6]. М. Аміні (M. Amini), А. Рахмані (A. Rahmani) демонструють ефективність штучного інтелекту в оцінці великих аграрних баз даних, де інформація з випробувань стає джерелом для ранньої діагностики дефектів техніки [7]. В. Мешрам (V. Meshram), К. Патіл (K. Patil), В. Мешрам (V. Meshram), Д. Хенчат (D. Hanchate), С. Д. Рамктеке (S. D. Ramkteke) узагальнюють сучасні підходи до впровадження машинного навчання в аграрному секторі, зокрема вивчення поведінки машин у різних умовах випробування [8]. Подальші дослідження доцільно спрямувати на адаптацію наявних алгоритмів до цілей сертифікації техніки та формування «розумних» систем прийняття рішень на основі випробувальних даних.

Четвертий напрям стосується інтеграції випробувань у стратегії повоєнного відновлення та концепцію smart farming. М. Чжан (M. Zhang), Й. Юхан (J. Yuhan), Л. Шичао (L. Shichao), Ц. Жуюе (C. Ruoyue), Х. Хунчжень (X. Hongzhen), З. Чженьцян (Z. Zhenqian) досліджують прогрес навігаційних систем у сільськогосподарській техніці, які змінюють вимоги до тестування – випробування мають охоплювати перевірку точності руху, адаптації до перешкод і автономності агрегатів [9]. Цзюнь Чжоу (Jun Zhou), Г. Є. (H. E.) аналізують технології планування навігаційних траєкторій і створення умов для моделювання рельєфних перешкод на випробувальних полігонах [10]. О. Ніфатова, В. Ладика, Ю. Гришина, Ю. Данко наголошують на ролі аграрної освіти та стратегічного лідерства в повоєнній модернізації агросектору, де випробування техніки мають стати елементом національної політики ефективного відновлення [11]. С. Горджіан (S. Gorjian), Г. Ебаді (H. Ebadi), М. Троммсдорфф (M. Trommsdorff), Г. Шарон (H. Sharon), М. Демант (M. Demant), С. Шінделе (S. Schindele) досліджують перспективи використання

електрифікованої сільськогосподарської техніки, підкреслюючи потребу в розробці окремих випробувальних протоколів для сонячних систем [12]. З. Чжай (Z. Zhai), Х. Ф. Мартінес (J. F. Martínez), В. Бельтран (V. Beltran), Н. Л. Мартінес (N. L. Martínez) акцентують на важливості даних із випробувань для роботи цифрових систем підтримки аграрних рішень у межах концепції Agriculture 4.0 [13]. Т. А. Шейх (T. A. Shaikh), Т. Расул (T. Rasool), Ф. Р. Лоун (F. R. Lone) обґрунтовують тісний зв'язок між точністю випробувань та результативністю smart farming-технологій, підкреслюючи роль тестування в адаптації машинного навчання до польових умов [14]. Подальші дослідження варто зосередити на створенні інтелектуальних платформ випробування сільськогосподарської техніки, які інтегруються в цифрові аграрні екосистеми та політики сталого розвитку.

Таким чином, випробування землеробських машин у післявоєнний період набуває особливої актуальності, охоплюючи як історичні основи, так і сучасні інженерні, цифрові та стратегічні вектори. Усі напрями потребують міждисциплінарного підходу, що дасть змогу поєднати технічну надійність, адаптивність до умов відновлення та відповідність вимогам сталого агровиробництва.

Попри значні напрацювання в галузі технічного забезпечення аграрного виробництва, низка аспектів проблеми випробувань землеробських машин залишається нерозв'язаною. Недостатньо вивчено історичну динаміку зміни функцій випробувань – від інструмента технічного контролю до складової стратегічного управління в аграрних підприємствах, особливо в умовах післявоєнного економічного відновлення. Залишається нерозкритою роль технічного переоснащення в подоланні наслідків матеріально-технічних втрат і ресурсної нестачі. Методики тестування здебільшого орієнтовані на стандартизовані процедури, тоді як адаптивні або комбіновані моделі не мають

належного історико-наукового обґрунтування. Також не досліджено у повній мірі, яким чином результати випробувань трансформуються в управлінські рішення щодо закупівлі, планування, ризик-менеджменту або екологічної адаптації техніки. Відкритим залишається і питання інституційної взаємодії між випробувальними структурами, виробниками та аграрними споживачами техніки, з урахуванням кадрового й фінансового дефіциту.

Запропоноване дослідження спрямоване на заповнення цих прогалин шляхом поєднання історичного, техніко-економічного та управлінського аналізу системи випробувань землеробських машин у повоєнному контексті. Уперше на основі міждисциплінарного підходу обґрунтовано доцільність системної інтеграції адаптивних методик у практику технічного оцінювання. Уточнено функцію результатів випробувань як інструмента стратегічного планування, управління витратами, логістики та підвищення екологічної відповідальності аграрних виробників. Розроблено науково обґрунтовані рекомендації щодо цифровізації процесу тестування, створення відкритих регіональних платформ та системи професійної підготовки, що в сукупності формує засади нової моделі технічної політики аграрного сектору на етапі післявоєнного відновлення.

Метою статті є обґрунтування ефективності системи випробувань землеробських машин як одного з ключових інструментів підвищення продуктивності аграрного виробництва у повоєнний період на основі аналізу їхнього історичного розвитку, технічної еволюції, управлінських функцій та впливу на прийняття стратегічних рішень в умовах відновлення галузі.

Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких завдань:

1. Обґрунтувати значення технічного переоснащення сільського господарства в контексті історичного розвитку машинного забезпечення та його ролі у повоєнному економічному зростанні.

2. Проаналізувати трансформацію стандартних і адаптивних методик випробувань землеробських машин та з'ясувати їх вплив на формування управлінських рішень в агропромислових підприємствах.

3. Виявити проблеми впровадження протестованої техніки у виробництво та запропонувати науково обґрунтовані рекомендації щодо вдосконалення системи випробувань з урахуванням історичних тенденцій, ресурсних обмежень і потреб аграрної галузі.

Виклад основного матеріалу. У повоєнний період технічне переоснащення сільського господарства набуває виняткового значення, оскільки аграрний сектор зазнав істотних втрат у матеріально-технічній базі, кадровому потенціалі та ресурсному забезпеченні. Історичний розвиток системи випробувань землеробських машин в Україні переконливо демонструє, що ефективне впровадження техніки завжди було пов'язане з її попереднім тестуванням, техніко-економічною оцінкою та адаптацією до конкретних умов господарювання.

Перші організовані форми випробувальної діяльності з'явилися в Україні ще в другій половині XIX ст. Саме в цей період, під впливом аграрної модернізації, почали формуватися технічні товариства, аграрні виставки й експериментальні станції. У Галичині випробування машин провадилися із залученням сільськогосподарських товариств на основі австрійських нормативів і мали на меті фіксацію ключових експлуатаційних параметрів у реальних господарських умовах [2]. На Наддніпрянщині ж основу заклали технічні школи та перші наукові кола, які формували теоретичну базу випробувань і розробляли первинні підходи до оцінювання надійності техніки [1].

У міжвоєнний період і в роки індустріалізації система випробувань зазнала централізації. У межах СРСР в Україні було створено мережу державних машиновипробувальних станцій (МВС), підпорядкованих профільним науково-

дослідним інститутам. Ці установи здійснювали польові й стендові тести на серійних і дослідних зразках техніки, орієнтуючись на стандарти продуктивності, витрат пального, довговічності та ремонтпридатності. Однак така система часто нехтувала специфікою окремих ґрунтово-кліматичних зон, уніфікуючи вимоги до всієї техніки в межах централізованих рішень.

Після здобуття Україною незалежності система випробувань увійшла в етап структурної перебудови. Значну частину державних випробувальних установ було розформовано або перепрофільовано, а нормативна база оновлювалась із поступовою імплементацією міжнародних стандартів. Було введено національний стандарт ДСТУ 4397:2005 «Машини сільськогосподарські. Методи випробувань» [16], який передбачає комплексну оцінку технічних засобів в умовах лабораторно-польових досліджень. Поряд із ним використовуються стандарти ДСТУ ISO 789-1:2005 [17] та його міжнародний аналог ISO 789-1:1990 [18], які регламентують стаціонарні методи випробування потужності тракторів. Для оцінювання сучасних функціональних елементів техніки, зокрема відбору потужності та динамічних навантажень, застосовується ISO 789-13:2018 [20], а у випадках міжнародного сертифікування – OECD Standard Code 2 [19].

У 2000–2020-х рр., на тлі зростання складності сільськогосподарських технологій та поширення цифрових систем, сформувалася нова парадигма тестування – комбінована модель, яка поєднує елементи стандартизованого і адаптивного підходів. На відміну від виключно нормативного оцінювання, така модель дозволяє врахувати реальні умови експлуатації техніки: структуру ґрунту, кліматичну мінливість, логістичні обмеження, рівень підготовки персоналу тощо. Застосування адаптивних підходів дає змогу виявити ризики, що залишаються поза межами лабораторного тестування, зокрема чутливість до перегріву, зношення в полі чи нестабільної глибини обробітку на схилах.

У період післявоєнного відновлення агросектору така комбінована система набуває ключового значення, оскільки дозволяє одночасно гарантувати відповідність міжнародним вимогам і забезпечити технологічну ефективність у складних умовах. Таким чином, сучасна українська модель випробувань землеробської техніки – це результат тривалої історичної еволюції: від експериментальних майданчиків аграрних товариств XIX ст. – до інтеграції цифрових методів оцінки за стандартами ISO та OECD у XXI ст.

У період післявоєнного оновлення аграрної галузі значення випробувань землеробських машин виходить далеко за межі їх традиційної функції – технічного тестування [2]. Сьогодні вони дедалі більше виконують роль стратегічного інструменту управління, що інтегрується в систему ухвалення рішень аграрного підприємства – від інвестиційних обґрунтувань до оптимізації технічного обслуговування та логістики. Така трансформація є реакцією на глибокі зміни у виробничому середовищі: нестабільність постачання ресурсів, дефіцит пального, кадрові втрати, зміни кліматичних умов і потребу швидкої адаптації агротехнологій.

На відміну від традиційної практики, яка зосереджувалася переважно на лабораторно-полігонних випробуваннях із фіксацією технічних параметрів відповідно до чинних нормативів [16–20], сучасний підхід до оцінювання машин дедалі частіше включає польову аналітику. Йдеться про апробацію техніки безпосередньо у виробничому середовищі, з урахуванням фактичних умов використання, типу ґрунту, конфігурації полів, наявності персоналу та логістичних обмежень. Такі дані дають змогу гнучко моделювати продуктивність техніки, прогнозувати ефективність її експлуатації та приймати зважені рішення щодо закупівлі або модернізації обладнання [4; 7].

Цей підхід зміщує акцент із формального дотримання стандартів до інтерпретації результатів у прикладному управлінському контексті. Сучасні

випробувальні протоколи включають не лише базові технічні показники, а й розрахунки витрат на гектар, ризик втрати потужності, частоту простоїв, стійкість до зношування та адаптивність до конкретних агротехнологій. Це дозволяє керівництву агропідприємств інтегрувати результати випробувань у стратегії зниження виробничих витрат, мінімізації ризиків і підвищення стабільності польових робіт.

Паралельно формується новий тип документального забезпечення: випробувальні звіти стають не лише технічними, а й комунікаційними інструментами, що використовуються для залучення фінансування, обґрунтування участі в державних програмах чи переговорів із постачальниками техніки. Дані, отримані в рамках поєднання офіційних випробувань і польової апробації, дедалі частіше виступають як аргумент у межах систем управлінського аудиту, технологічного прогнозування та маркетингового позиціонування аграрних підприємств [7].

Так, сучасна модель випробувань трансформується в багатовекторний аналітичний інструмент, що поєднує технічну точність, економічну доцільність, практичну ефективність і управлінську значущість. В умовах післякризового відновлення вона здатна забезпечити адаптивність аграрного сектору до нових ризиків і слугує основою для формування інноваційно-орієнтованої технічної політики на рівні окремого підприємства чи державної стратегії.

У сучасних агропромислових підприємствах ухвалення управлінських рішень щодо оновлення машинно-тракторного парку, планування технологічних операцій та управління витратами дедалі частіше ґрунтується на результатах технічного тестування сільськогосподарської техніки. Проведення випробувань дає змогу не лише оцінити відповідність агрегатів чинним технічним стандартам, а й виявити їхню продуктивність, енергоефективність, ремонтпридатність і пристосованість до умов конкретного господарства. У повоєнному відновленні

агросектору, коли ресурси обмежені, а потреба в ефективному плануванні критично зростає, інформація, отримана під час випробувань, стає джерелом доказових даних для прийняття раціональних і зважених управлінських рішень. Особливої важливості набуває інтеграція результатів технічного тестування в процеси планування закупівель, оптимізації польових операцій, управління паливно-мастильними матеріалами та технічного обслуговування (табл. 1).

Табл. 1

Залежність управлінських рішень від результатів технічного тестування машин

Напрямок управлінського рішення	Тип результату випробування	Управлінський ефект
Планування оновлення техніки	Дані про ресурс, витрати пального, ефективність на різних ґрунтах	Обґрунтований вибір техніки з урахуванням умов господарства
Розрахунок економічної доцільності	Показники собівартості обробки 1 га, міжсезонна надійність	Формування бюджету, вибір між купівлею та орендою
Оптимізація виробничих процесів	Тривалість циклу, продуктивність за зміну, чутливість до навантаження	Графіки польових робіт, ротація машин між ділянками
Управління ризиками технічних збоїв	Дані про зношуваність деталей, потребу в сервісному обслуговуванні	Моделі превентивного технічного обслуговування
Підвищення екологічної відповідальності	Рівень викидів, вплив на ґрунт	Упровадження екологічно адаптованих рішень, вибір сертифікованих агрегатів

Джерело: сформовано автором на підставі [3; 5; 6; 8; 10; 13]

У табл. 1 показано, що результати технічного тестування сільськогосподарської техніки в сучасних умовах виходять за межі суто інженерного інтересу і безпосередньо впливають на ухвалення управлінських рішень. Такий зв'язок сформувався не одразу: упродовж ХХ ст. випробування машин розглядалися переважно як засіб технічного контролю, необхідний для сертифікації та оцінки якості нової техніки перед її запуском у серійне виробництво. У радянській системі функція управлінської підтримки в процесі тестування була другорядною і не закладалась у методичні підходи. Методики,

сформовані в межах машиновипробувальних станцій, мали на меті фіксацію параметрів, але не використовувались як джерело стратегічної інформації для безпосередніх виробників сільськогосподарської продукції.

Поступовий зсув у бік управлінського осмислення результатів випробувань відбувся лише наприкінці 1980-х – початку 1990-х рр., коли в Україні розпочалися перші спроби залучення агропідприємств до участі в плануванні оновлення машинно-тракторного парку на основі емпіричних показників, отриманих у власних господарствах. Поява приватних агрофірм і агрохолдингів у 2000-х рр. сприяла подальшій трансформації випробувань у функціональний інструмент економічного й технічного аналізу. З того часу результати тестування дедалі частіше застосовуються для прогнозування ефективності використання техніки на різних типах ґрунтів, моделювання витрат, визначення строків окупності обладнання, обґрунтування рішень щодо оренди, лізингу або купівлі машин [11].

В останні десятиліття функціональна роль технічного тестування істотно розширилась: випробування почали інтегруватися у внутрішні системи агропідприємств як аналітична основа для управління ризиками, економічного планування та інноваційної адаптації. Особливої ваги ці процеси набули в умовах повоєнного відновлення, коли кожне рішення щодо використання ресурсів має стратегічну цінність. Сучасні аграрії використовують результати польових випробувань не лише для технічної перевірки агрегатів, а й для визначення доцільності їх використання у межах агротехнологічного циклу, планування сезонного навантаження, розрахунку потреб у сервісному обслуговуванні, а також оцінки екологічних показників, що особливо важливо в контексті впровадження «зеленого» курсу.

Таким чином, технічне тестування, пройшовши історичну еволюцію – від інструменту державного контролю до ключового елементу стратегічного

планування на рівні господарства – стало повноцінною складовою сучасного управління аграрним виробництвом. Його результати, в комплексі з економічними та агрономічними показниками, формують аналітичну базу для ухвалення зважених рішень, що дозволяють аграрним підприємствам не лише адаптуватися до умов післякризового періоду, а й забезпечити сталий розвиток на довгострокову перспективу.

У процесі впровадження випробуваної сільськогосподарської техніки в агропромислових підприємствах виникає низка системних проблем, які значно обмежують ефективність її використання та масштабне поширення. Однією з основних перешкод є недостатнє фінансування, що зумовлює неможливість оновлення технічного парку навіть у тих випадках, коли за результатами випробувань техніка довела свою ефективність [4]. Через обмеженість ліквідних ресурсів значна кількість господарств не може реалізувати потенціал інноваційних машин, обмежуючись експлуатацією морально й фізично застарілих агрегатів. Водночас недостатній рівень кадрової підготовки, зокрема відсутність практичного досвіду роботи з новими видами техніки, призводить до зниження ефективності її використання, збільшення простоїв і невиправданих втрат [12]. Навіть за умов наявності високотехнологічного обладнання, відсутність відповідної технічної компетенції персоналу нівелює переваги сучасних машин. Окрему проблему становить неефективна система зворотного зв'язку між виробниками техніки, сервісними центрами та кінцевими користувачами. У разі виявлення недоліків або конструктивних несправностей аграрії не мають швидкого та структурованого каналу передачі інформації для внесення технічних змін чи оперативного сервісного реагування [9]. Це не лише сповільнює адаптацію техніки до польових умов, а й перешкоджає формуванню довіри до нових технологій у середовищі виробничих підприємств. Сукупність цих чинників потребує комплексного підходу, орієнтованого на фінансову

підтримку, професійну підготовку кадрів та побудову ефективних механізмів комунікації між усіма учасниками технологічного ланцюга.

З огляду на сучасні виклики, пов'язані з відновленням агропромислового комплексу в умовах обмежених ресурсів, науково обґрунтовані рекомендації щодо вдосконалення системи випробувань землеробських машин мають охоплювати методологічний, технологічний, інфраструктурний і кадровий рівні. Удосконалення має ґрунтуватися на принципах об'єктивності результатів, практичної адаптивності та інтеграції в загальну систему управління ефективністю технічного забезпечення.

Передусім необхідно модернізувати методологічну основу випробувань шляхом поєднання чинних стандартизованих процедур, передбачених нормативними документами (зокрема ДСТУ та ISO), з адаптивними підходами, що дають змогу враховувати специфіку регіональних умов, змінний техногенний тиск і польову динаміку експлуатації техніки. Запровадження гібридних протоколів випробувань сприятиме підвищенню валідності результатів, зробивши їх придатними для прийняття рішень у різних масштабах – від індивідуального фермерського господарства до агрохолдингу.

Технічне забезпечення випробувальних процесів також потребує цифрової трансформації. Рекомендується інтегрувати в систему тестування сенсорні системи збору даних, модулі телеметричного моніторингу, цифрові логери навантаження, GPS-трекінг і елементи автоматичної фіксації показників витрат пального, часу проходження, глибини обробки, вібраційних і акустичних навантажень. Це не лише зменшить суб'єктивізм оцінювання, а й оптимізує логістику польових випробувань, сприяючи зниженню витрат на персонал і повторні дослідження. Застосування машинного навчання для обробки результатів випробувань на базі відкритих алгоритмів спонукатиме формуванню

рекомендацій для подальшого використання техніки в різних агротехнологічних сценаріях.

Інфраструктурний розвиток системи випробувань повинен передбачати створення регіональних демонстраційних полігонів, що працюватимуть у партнерстві з аграрними університетами, НДІ та виробниками техніки. На таких майданчиках має проводитися як стандартизоване тестування, так і практична демонстрація результатів у реальних умовах експлуатації. Це створює середовище для прямої взаємодії між виробниками, науковцями та користувачами техніки, формує зворотний зв'язок і дає змогу оперативно виявляти конструктивні недоліки або експлуатаційні проблеми. Запровадження незалежних публічних рейтингів техніки за результатами таких випробувань сприятиме формуванню конкурентного середовища, підвищенню прозорості ринку та орієнтованості на довгострокову надійність, а не лише на початкові показники.

Важливим напрямом удосконалення системи є створення єдиної відкритої електронної платформи з результатами випробувань, що забезпечить централізований доступ до баз даних, висновків випробувальних центрів, аналітичних звітів і рекомендацій. Упровадження такого рішення значно підвищить обізнаність аграріїв і спростить процес ухвалення техніко-економічно обґрунтованих кроків. Платформа має бути інтегрована з системами державної підтримки, що дасть можливість, зокрема, використовувати результати випробувань як критерій для надання компенсацій чи участі в програмах грантового фінансування.

Кадровий компонент є не менш важливим. Рекомендується розширити програми підготовки спеціалістів з експлуатації та тестування техніки в закладах аграрної освіти з акцентом на практичну роботу із сучасними цифровими системами контролю. Упровадження модульних програм підвищення

кваліфікації для чинних агрономів, інженерів і керівників підприємств сприятиме швидкій адаптації системи управління технічними ресурсами до нових стандартів ефективності та надійності.

Таким чином, удосконалення системи випробувань землеробських машин має спиратися на міждисциплінарну інтеграцію технічних інновацій, методичної гнучкості, цифрових рішень і людського капіталу, що забезпечить її здатність відповідати вимогам аграрного виробництва в умовах підвищеної ресурсної обмеженості, технологічної складності та потреби в результативному управлінні на всіх рівнях.

Висновки. У ході дослідження встановлено, що система випробувань землеробських машин в Україні зазнала глибокої історичної трансформації – від інструмента нормативного контролю в централізованій моделі господарювання до багаторівневого механізму, інтегрованого в сучасну структуру стратегічного управління аграрним виробництвом. Історичний розвиток випробувальної діяльності засвідчує зміну не лише формальних процедур, а й самого підходу до інтерпретації результатів: технічні тести почали сприйматися як джерело аналітики для економічного планування, управління ресурсами та прийняття інвестиційних рішень.

Актуальність випробувань особливо зростає в умовах повоєнного відновлення, коли аграрним підприємствам необхідно приймати раціональні рішення в умовах дефіциту ресурсів і високих ризиків. Комбіновані підходи, що поєднують стандартизовану точність із польовою релевантністю, створюють підґрунтя для нової парадигми – використання випробувань не лише як технічного, а й управлінського інструменту. Саме така модель дозволяє поєднувати аграрну інноваційність із обґрунтованою обережністю, забезпечуючи не лише технологічну, а й стратегічну стійкість агропідприємств у динамічному середовищі.

Список використаних джерел та літератури

1. Деркач О. Становлення теоретичних основ випробувань землеробських машин в Україні (друга половина XIX – початок XX ст.). *Історія науки і біографістика*. 2025. Вип. 1. С. 22–38. URL: <https://inb.dnsgb.com.ua/2025-1/02.pdf> (дата звернення: 06.01.2025).
2. Вісин О. О. Становлення та розвиток системи випробування сільськогосподарської техніки на Галичині (70-ті роки XIX – 20-ті роки XX ст.). *Історія науки і біографістика*. 2021. Вип. 3. С. 156–184. URL: <http://inb.dnsgb.com.ua/2021-3/09.pdf> (дата звернення: 06.01.2025).
3. Artiymov N., Antoshchenkov R., Antoshchenkov V., Ayubov A. Innovative approach to agricultural machinery testing. *Engineering for Rural Development*. 2021. Vol. 20. P. 692–698.
4. Chen W., Cao G., Yuan D., Ding Y., Zhu J., Chen X. Study on agricultural machinery-load-testing technology and equipment based on six-dimensional force sensor. *Agriculture*. 2023. Vol. 13, № 9. Article 1649. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13091649> (date of access: 06.01.2025).
5. Tian H., Yang Y., Wang D., Yu X., Liu Z., Liu Y., Dong W. Computer vision technology in agricultural automation – A review. *Information Processing in Agriculture*. 2020. Vol. 7, № 1. P. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.09.006> (date of access: 06.01.2025).
6. Rehman T. U., Mahmud M. S., Chang Y. K., Jin J., Shin J. Current and future applications of statistical machine learning algorithms for agricultural machine vision systems. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 156. P. 585–605. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.006> (date of access: 06.01.2025).
7. Amini M., Rahmani A. Agricultural databases evaluation with machine learning procedure. *Australian Journal of Engineering and Applied Science*. 2023. Vol. 8. P. 39–50. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4331902 (date of access: 06.01.2025).
8. Meshram V., Patil K., Meshram V., Hanchate D., Ramkteke S. D. Machine learning in agriculture domain: A state-of-art survey. *Artificial Intelligence in the Life Sciences*. 2021. Vol. 1. Article 100010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ailsci.2021.100010> (date of access: 06.01.2025).
9. Zhang M., Ji Y., Li S., Cao R., Xu H., Zhang Z. Research progress of agricultural machinery navigation technology. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*. 2020. Vol. 51, № 4. URL: <https://nyjxxb.net/index.php/journal/article/view/974> (date of access: 06.01.2025).
10. Zhou J., He H. Research progress on navigation path planning of agricultural machinery. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*. 2021. Vol. 52, № 9. URL: <https://nyjxxb.net/index.php/journal/article/view/1229> (date of access: 06.01.2025).

11. Nifatova O., Ladyka V., Hryshyna Y., Danko Y. Agricultural education in times of war: Strategic visions, leadership practices and post-war reconstruction. *Problems and Perspectives in Management*. 2023. Vol. 21, № 2. P. 87. DOI: [https://doi.org/10.21511/ppm.21\(2-si\).2023.11](https://doi.org/10.21511/ppm.21(2-si).2023.11) (date of access: 06.01.2025).
12. Gorjian S., Ebadi H., Trommsdorff M., Sharon H., Demant M., Schindele S. The advent of modern solar-powered electric agricultural machinery: A solution for sustainable farm operations. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 292. Article 126030. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126030> (date of access: 06.01.2025).
13. Zhai Z., Martínez J. F., Beltran V., Martínez N. L. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2020. Vol. 170. Article 105256. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105256> (date of access: 06.01.2025).
14. Shaikh T. A., Rasool T., Lone F. R. Towards leveraging the role of machine learning and artificial intelligence in precision agriculture and smart farming. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022. Vol. 198. Article 107119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107119> (date of access: 06.01.2025).
15. An agri group of superlatives – Kernel, UA. HORSCH: website. 2025. URL: <https://terra.horsch.com/en/issue-21-2020/around-the-world/an-agri-group-of-superlatives-kernel-ua> (date of access: 07.03.2025).
16. Машини сільськогосподарські. Методи випробувань. ДСТУ 4397:2005. Budstandart: website. 2021. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=91480 (date of access: 07.03.2025).
17. Трактори сільськогосподарські. Випробування продуктивності. Частина 1: Стаціонарні випробування. ДСТУ ISO 789-1:2005. Budstandart: website. 2005. URL: https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=53825 (date of access: 07.03.2025).
18. Tracteurs agricoles – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais de puissance à la prise de force (PDF). ISO 789-1:1990. ISO: website. 1990. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/42303.html> (date of access: 07.03.2025).
19. OECD Standard Code for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors (OECD Code 2). OECD: website. 2024. URL: <https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-sub-issues/tractors/02-Code2-February-2024-preparation-clean.pdf> (date of access: 07.03.2025).
20. Tractors and machinery for agriculture and forestry – Test procedures – Part 13: Power take-off (PTO) test code – Dynamic test method. ISO 789-13:2018. ISO: website. 2018. URL: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/66437/bf32f533dde242d7859b8a8d1a60563e/ISO-789-13-2018.pdf> (date of access: 07.03.2025).

References

1. Derkach, O. (2025). Stanovlennia teoretychnykh osnov vyprobuvan zemlerobskykh mashyn v Ukraini (druga polovyna XIX – pochatok XX st.) [Formation of theoretical foundations for testing agricultural machinery in Ukraine (second half of the 19th – early 20th century)]. *Istoriia nauky i biohrafistyka*, 1, 22–38. Retrieved from <https://inb.dnsgb.com.ua/2025-1/02.pdf> [In Ukrainian].
2. Visyn, O. O. (2021). Stanovlennia ta rozvytok systemy vyprobuvannia silskohospodarskoi tekhniky na Halychyni (70-ti roky XIX – 20-ti roky XX st.) [Formation and development of the system of agricultural machinery testing in Galicia (1870s–1920s)]. *Istoriia nauky i biohrafistyka*, 3, 156–184. Retrieved from <http://inb.dnsgb.com.ua/2021-3/09.pdf> [In Ukrainian].
3. Artiymov, N., Antoshchenkov, R., Antoshchenkov, V., & Ayubov, A. (2021). Innovative approach to agricultural machinery testing. *Engineering for Rural Development*, 20, 692–698.
4. Chen, W., Cao, G., Yuan, D., Ding, Y., Zhu, J., & Chen, X. (2023). Study on agricultural machinery-load-testing technology and equipment based on six-dimensional force sensor. *Agriculture*, 13(9), Article 1649. <https://doi.org/10.3390/agriculture13091649>
5. Tian, H., Yang, Y., Wang, D., Yu, X., Liu, Z., Liu, Y., & Dong, W. (2020). Computer vision technology in agricultural automation – A review. *Information Processing in Agriculture*, 7(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.09.006>
6. Rehman, T. U., Mahmud, M. S., Chang, Y. K., Jin, J., & Shin, J. (2019). Current and future applications of statistical machine learning algorithms for agricultural machine vision systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 156, 585–605. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.006>
7. Amini, M., & Rahmani, A. (2023). Agricultural databases evaluation with machine learning procedure. *Australian Journal of Engineering and Applied Science*, 8, 39–50. Retrieved from https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4331902
8. Meshram, V., Patil, K., Meshram, V., Hanchate, D., & Ramkteke, S. D. (2021). Machine learning in agriculture domain: A state-of-art survey. *Artificial Intelligence in the Life Sciences*, 1, Article 100010. <https://doi.org/10.1016/j.ailsci.2021.100010>
9. Zhang, M., Ji, Y., Li, S., Cao, R., Xu, H., & Zhang, Z. (2020). Research progress of agricultural machinery navigation technology. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*, 51(4). Retrieved from <https://nyjxxb.net/index.php/journal/article/view/974>
10. Zhou, J., & He, H. (2021). Research progress on navigation path planning of agricultural machinery. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*, 52(9). Retrieved from <https://nyjxxb.net/index.php/journal/article/view/1229>

11. Nifatova, O., Ladyka, V., Hryshyna, Y., & Danko, Y. (2023). Agricultural education in times of war: Strategic visions, leadership practices and post-war reconstruction. *Problems and Perspectives in Management*, 21(2), 87. [https://doi.org/10.21511/ppm.21\(2-si\).2023.11](https://doi.org/10.21511/ppm.21(2-si).2023.11)
12. Gorjian, S., Ebadi, H., Trommsdorff, M., Sharon, H., Demant, M., & Schindele, S. (2021). The advent of modern solar-powered electric agricultural machinery: A solution for sustainable farm operations. *Journal of Cleaner Production*, 292, Article 126030. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126030>
13. Zhai, Z., Martínez, J. F., Beltran, V., & Martínez, N. L. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, Article 105256. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105256>
14. Shaikh, T. A., Rasool, T., & Lone, F. R. (2022). Towards leveraging the role of machine learning and artificial intelligence in precision agriculture and smart farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, Article 107119. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107119>
15. HORSCH. (2025). An agri group of superlatives – Kernel, UA. *HORSCH: website*. Retrieved from <https://terra.horsch.com/en/issue-21-2020/around-the-world/an-agri-group-of-superlatives-kernel-ua> [In English].
16. Budstandart. (2021). Mashyny silskohospodarski. Metody vyprobuvan. DSTU 4397:2005 [Agricultural machines. Test methods. DSTU 4397:2005]. *Budstandart: website*. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=91480 [In Ukrainian].
17. Budstandart. (2005). Traktory silskohospodarski. Vyprobuvannia produktyvnosti. Chastyna 1: Statsionarni vyprobuvannia. DSTU ISO 789-1:2005 [Agricultural tractors. Performance testing. Part 1: Static tests]. *Budstandart: website*. Retrieved from https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=53825 [In Ukrainian].
18. ISO. (1990). Tracteurs agricoles – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais de puissance à la prise de force. *ISO: website*. Retrieved from <https://www.iso.org/ru/standard/42303.html> [In French].
19. OECD. (2024). OECD Standard Code for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors (OECD Code 2). *OECD: website*. Retrieved from <https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-sub-issues/tractors/02-Code2-February-2024-preparation-clean.pdf> [In English].
20. ISO. (2018). Tractors and machinery for agriculture and forestry – Test procedures – Part 13: Power take-off (PTO) test code – Dynamic test method. *ISO: website*. Retrieved from <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/66437/bf32f533dde242d7859b8a8d1a60563e/ISO-789-13-2018.pdf> [In English].

Надійшла до редакції: 12.05.2025 р.