

DOI: <https://doi.org/10.32782/2521-666X/2025-90-25>

УДК 338.43:004:631.1:(004 + 681.5) (477)

Максименко Д.В.

кандидат економічних наук, доцент,
Мукачівський державний університет

Токар І.В.

аспірант,
Мукачівський державний університет
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0201-0854>

Maksymenko Diana, Tokar Ivan

Mukachevo State University

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ: КЛЮЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES IN AGRICULTURAL ENTERPRISES: MAIN TECHNOLOGIES

У дослідженні за допомогою методів аналізу, синтезу, порівняння та узагальнення визначено ключові технології автоматизації, їхні переваги та виклики. На цій основі обґрунтовано заходи щодо їх впровадження в аграрних підприємствах України з огляду на сучасні реалії. Стаття досліджує нагальну потребу та застосування автоматизації в агросекторі України. Аналізуються ключові технології (IoT, ШІ, роботи) в усьому виробничому ланцюгу та їхні переваги: від підвищення ефективності та оптимізації витрат до покращення якості продукції. Водночас розглядаються головні виклики – високі інвестиції, технічна складність та дефіцит кадрів, – які посилюються в умовах війни. На основі аналізу економічної доцільності та успішних українських кейсів доводиться стратегічна важливість автоматизації для АПК. Наступні кроки в дослідженнях мають включати розробку стратегій впровадження автоматизації, адаптованих до українських економічних і безпекових умов, та аналіз її соціально-економічних наслідків для ринку праці в селах. Такі дослідження необхідні для обґрунтування державних програм підтримки та інвестицій, спрямованих на зміцнення конкурентоспроможності аграрного сектору України.

Ключові слова: автоматизація, сільське господарство, Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (ШІ), роботизація, дрони, точне землеробство.

Modern agriculture faces major global challenges, especially in Ukraine, including climate change, resource depletion, labor shortages, and the consequences of war. In this context, automation – through technologies like IoT, AI, robotics, and precision farming – has become a strategic necessity to optimize production, improve efficiency, and reduce costs. This article aims to analyze the current state and prospects of production process automation in agricultural enterprises, identify key technologies, benefits, and challenges, with a focus on Ukraine's specific context. The study uses general scientific methods: abstraction to justify the importance of automation; comparison, analysis, and synthesis to identify technologies and trends; and logical generalization to propose implementation measures. Key technologies reviewed include IoT and sensors, AI and data analytics, robotics and autonomous systems (e.g., drones, agrobots), and precision farming tools. The article examines their application across the agricultural chain – from crop production to livestock and post-harvest processing. It highlights quantitative and strategic benefits such as increased productivity, resource optimization, cost savings, improved product quality, and reduced labor dependency. Challenges include high initial costs, technical complexity, infrastructure needs, lack of skilled workers, and war-related issues specific to Ukraine. The article also presents examples of successful automation in Ukrainian agriculture and assesses the economic feasibility and return on investment. Future research should focus on developing adaptive automation strategies for Ukrainian farms of various sizes, taking into account economic and security realities. Another key area is assessing the long-term socio-economic impact of automation on rural employment and human capital. This will inform evidence-based policymaking and justify increased public and private investment in agri-tech. Strengthening digital infrastructure and training programs will be crucial for scaling automation across the sector.

Keywords: automation, agriculture, Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), robotics, drones, precision agriculture.

Постановка проблеми. Сільське господарство, як на світовому рівні, так і в Україні, стикається з безпрецедентними викликами (зростання потреби у продовольстві, зміна клімату, виснаження ресурсів), зазнає руйнівного впливу повномасштабної війни. Втрата земель, руйнування інфраструктури, критичний дефіцит робочої сили через мобілізацію [1] та значні економічні труднощі роблять інновації й підвищення ефективності життєво необхідними для виживання та розвитку галузі.

Автоматизація сільськогосподарських процесів – застосування сучасних технологій для оптимізації виробництва, підвищення продуктивності та управління ресурсами – стає ключовою відповіддю на ці виклики. Сама природа агровиробництва (великі території, залежність від клімату) вимагає точних та масштабованих рішень, які не можуть забезпечити традиційні. В умовах війни, коли гострий дефіцит робочої сили (близько 200 тисяч аграріїв мобілізовано [1]) та високі витрати загрожують функціонуванню підприємств, автоматизація перетворюється зі стратегії підвищення конкурентоспроможності на умову забезпечення операційної стійкості.

Хоча питання автоматизації в агропромисловому комплексі активно досліджуються вітчизняними та зарубіжними авторами, аналізуються різноманітні технології, їхні переваги та економічна ефективність, стрімка зміна економічних умов та безпрецедентні виклики, спричинені війною в Україні, вимагають постійного оновлення аналізу. Нагальною є потреба в узагальненні наявного досвіду та розробці адаптованих стратегій впровадження автоматизації, що враховують унікальні потреби, обмеження та екстремальні умови функціонування українських аграріїв.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Автоматизацію та цифрову трансформацію АПК активно досліджують вітчизняні й зарубіжні науковці, профільні та міжнародні інституції. Виклики для агросектору України й завдання держполітики аналізує Національний інститут стратегічних досліджень [1]. Теоретико-методологічні основи автоматизованих агротехнічних систем розглядають навчальні посібники К.І. Шмата, В.М. Солодовніченка, О.І. Папченка та освітні ресурси з автоматизації. М.В. Негрей [9] аналізує перспективи та виклики цифрової трансформації агросектору України, визначаючи його стан як «легку цифровізацію» та наголошуючи на важливості обміну даними, платформ і ролі уряду. У її роботі проаналізовано праці Клеркса (тематичні кластери цифровізації) та Інграма, які розглядають потенціал цифрового сільського господарства для сталості продовольчих систем, а також внесок цифрових інновацій та ІІІ у досягнення кліматично-екологічних цілей.

Численні наукові праці присвячені окремим технологіям автоматизації. Перспективи точного землероб-

ства в Україні аналізують ресурси на кшталт WeAgro. Використання IoT для потреб точного землеробства розкривають публікації Agrilab, та праця Н.П. Юрчук, С.С. Кіпоренко [2]. О.В. Лебідь, С.С. Кіпоренко та В.Ю. Вовк [3] аналізують застосування ІІІ в агросекторі, порівнюючи європейський досвід з українськими реаліями та визначаючи його переваги й ризики. Тренди в роботизації мобільних сільськогосподарських засобів є предметом дослідження В. Погорілого та В. Мухи [10], які аналізують рівень розвитку аграрних роботів, особливості їх конструкцій, напрями роботизації.

Метою статті є комплексний аналіз сучасного стану та перспектив автоматизації виробничих процесів в аграрних підприємствах, визначення ключових технологій, що лежать в її основі, оцінка переваг та викликів, пов'язаних з їх впровадженням, а також дослідження економічної доцільності та прикладів практичного застосування, з особливим акцентом на потреби та умови аграрного сектору України.

Виклад основного матеріалу. Сучасна автоматизація сільського господарства базується на сукупності взаємопов'язаних технологічних основ, які спільно відкривають нові перспективи для керування та вдосконалення виробничих процесів. Ці технології діють синергічно, підвищуючи ефективність одна одної.

Інтернет речей (IoT) – це концепція мережі фізичних пристроїв (датчиків, виконавчих механізмів, машин), оснащених електронікою, програмним забезпеченням та засобами зв'язку, що дозволяє їм збирати дані та обмінюватися ними через інтернет. У сільському господарстві IoT знаходить широке застосування завдяки різноманітним датчикам, що дозволяють здійснювати моніторинг у реальному часі.

Моніторинг кліматичних умов: метеостанції, розміщені на полях, збирають дані про температуру, вологість, кількість опадів та інші параметри навколишнього середовища, передаючи їх до хмарних сховищ [5]. Ця інформація допомагає у виборі культур, плануванні робіт та прийнятті оперативних управлінських рішень.

Моніторинг ґрунту: датчики вимірюють вологість, температуру, рівень поживних речовин та інші характеристики ґрунту [5]. Це дозволяє оптимізувати режими зрошення та внесення добрив, забезпечуючи рослини необхідними ресурсами та уникаючи їх надлишкового використання.

Управління врожаєм: спеціалізовані датчики відстежують стан рослин, фази їх розвитку, водний потенціал листя та загальний стан здоров'я посівів, допомагаючи вчасно виявляти проблеми та відхилення [5].

Моніторинг худоби: носимі або імплантовані датчики дозволяють відстежувати місцезнаходження, фізіологічний стан (температуру, активність, жуйку) та здоров'я тварин, сигналізуючи про можливі захворювання або початок охоти.

Автоматизація теплиць: датчики контролюють мікроклімат у теплицях (освітлення, температуру, вологість, стан ґрунту) і можуть автоматично керувати системами вентиляції, опалення, затінення та поливу для підтримки оптимальних умов.

Моніторинг зберігання: автоматизовані системи контролюють температуру та вологість у сховищах сільськогосподарської продукції, забезпечуючи оптимальні умови для збереження її якості.

Датчики IoT є базовим джерелом інформації для сільського господарства, керованого даними. Вони перетворюють фізичні параметри навколишнього середовища та біологічних об'єктів (ґрунту, погоди, стану рослин чи тварин) у цифровий формат [5]. Ці дані є необхідною сировиною для роботи систем вищого рівня, таких як інструменти точного землеробства, що потребують інформації про варіабельність полів, та системи штучного інтелекту, яким потрібні дані для аналізу та прогнозування.

Штучний інтелект в аграрному контексті використовує комп'ютерні алгоритми для аналізу великих та складних масивів даних, виявлення закономірностей, створення прогнозів та підтримки або повної автоматизації прийняття рішень.

Прогнозна аналітика: алгоритми ШІ аналізують історичні та поточні дані (погодні, ґрунтові, ринкові) для прогнозування врожайності, поширення хвороб та шкідників, оптимальних термінів сівби чи збору врожаю.

Підтримка прийняття рішень: системи на базі ШІ надають фермерам рекомендації в режимі реального часу щодо необхідності поливу, внесення добрив, застосування засобів захисту рослин, базуючись на аналізі даних з датчиків та прогнозів.

Оптимізація використання ресурсів: аналізуючи дані з IoT-датчиків, ШІ може точно розрахувати потребу кожної ділянки поля або окремої тварини у воді, добривах, кормах чи засобах захисту, що дозволяє мінімізувати витрати та зменшити негативний вплив на довкілля.

Саме IoT-сенсори забезпечують безперервний потік реальних даних про стан агроєкосистеми [5]. Чим повнішими та точнішими є ці дані, тим більш глибокий аналіз може провести ШІ, і тим точнішими та ефективнішими будуть його прогнози та рекомендації. Таким чином, існує критична взаємозалежність між IoT та ШІ: перша технологія генерує дані, друга – перетворює їх на знання та дієві рішення. Системи ШІ надають фермерам експертні рекомендації, що «демократизує» доступ до передових знань. Однак, це створює ризик надмірної залежності від технологій та ігнорування локального досвіду, який алгоритми можуть не враховувати.

Агророботи та безпілотні літальні апарати (БПЛА або дрони) є фізичним втіленням автомати-

зації, виконуючи різноманітні завдання на фермі. Важливо розрізняти наземні роботизовані платформи та повітряні дрони.

До наземних відносять автономні трактори для обробки ґрунту, роботизовані сівалки для точного висіву, системи для прополювання (механічного або лазерного), обприскування, внесення добрив та збирання врожаю (зернових, фруктів, овочів). Також до них відносять роботизовані системи доїння (РДС), автоматизовані системи годівлі, роботи для очищення приміщень.

До повітряних відносять (Дрони), за допомогою яких здійснюють збір даних та точне обприскування. Ключові переваги: швидкий моніторинг полів, аерофотозйомка, оцінка стану (обробка до 75–100 га на день одним дроном), та точкове внесення добрив/засобів захисту рослин, особливо на складних ділянках, що дозволяє економити препарати (до 10–15%).

Існує велика кількість роботів, розроблених для конкретних завдань: Wall-E для обрізки винограду, AgBot II та BoniRob для ідентифікації та знищення бур'янів, Ecorobotix для точкового обприскування гербіцидами.

Робототехніка безпосередньо вирішує проблему дефіциту робочої сили, особливо актуальну для України, та дозволяє виконувати завдання, що вимагають високої точності або відбуваються у складних чи небезпечних умовах. Деякі роботизовані технології, як от лазерне прополювання, пропонують можливості, що перевершують людські здібності, забезпечуючи міліметрову точність. Роботизація агросектору означає перехід від витрат на працю до витрат на капітал. Це вимагає значних інвестицій, що вигідно великим фермам, та заміщує попит на робітників попитом на технічних фахівців.

Точне землеробство (ТЗ) – це технологія диференційованого управління полем на основі даних (з GPS, датчиків), що націлена на оптимізацію ресурсів, підвищення врожайності та захист довкілля. До загальних компонентів точного землеробства можна віднести:

- Глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS/GPS), які визначають точне положення техніки в полі з точністю до сантиметрів, що дозволяє створювати карти та застосовувати диференційоване внесення ресурсів [4].

- Географічні інформаційні системи (ГІС). Це програмне забезпечення для створення багатопланових електронних карт полів, візуалізації просторових даних (карти врожайності, типи ґрунтів, рівні забезпеченості поживними речовинами) та планування сільськогосподарських операцій [4].

- Технології змінних норм внесення (VRT – Variable Rate Technology). Дозволяють техніці (сівалкам, розкидачам добрив, обприскувачам) автоматично змінювати норму внесення насіння, добрив, пестици-

дів відповідно до заздалегідь створеної карти завдання або даних з датчиків у реальному часі [4].

– Технології моніторингу врожайності (YMT – Yield Monitoring Technologies). Датчики, встановлені на збиральній техніці, вимірюють та картографують врожайність у різних частинах поля. Ці дані є ключовими для аналізу ефективності застосованих агротехнологій та планування на наступний сезон.

Точне землеробство діє як «мозок» або управлінська філософія, що інтегрує дані, отримані від IoT-датчиків та систем ДЗЗ, та керує діями автоматизованої техніки, для оптимального розподілу ресурсів. Суть ТЗ полягає у виконанні правильної дії, у правильному місці, у правильний час. Це не окрема технологія, а система, що використовує інші технології (IoT, GPS, VRT, III для аналізу) для інтелектуального застосування автоматизації.

В агросекторі автоматизація використовується всюди: автономні GPS-трактори точно обробляють ґрунт, а VRT-сівалки змінюють норму висіву відповідно до стану поля, що оптимізує густоту посівів та врожайність [4].

Роботизований догляд за посівами включає: прополювання (механічне/лазерне) для зменшення використання гербіцидів, особливо в органіці; та точкове внесення добрив і засобів захисту за допомогою дронів/VRT [4] для економії ресурсів і роботи на складних ділянках. Прикладами таких роботів є AgBot II, BoniRob, Oz.

Системи поливу, керовані датчиками вологості ґрунту та погодними даними, автоматично вмикаються та вимикаються, подаючи воду лише тоді, коли це потрібно рослинам, до прикладу роботи типу Aquarius.

Наземні роботи, такі як Ladybird або Rosphere, можуть збирати детальні дані про стан ґрунту та рослин безпосередньо на полі.

До автоматизації в тваринництві можна віднести доїння, годівлю, контроль мікроклімату, моніторинг здоров'я тощо.

Роботизовані доїльні системи (РДС), такі як Lely Astronaut чи DeLaval VMS, є одним з найяскравіших прикладів автоматизації у тваринництві. Вони дозволяють коровам доїтися добровільно в будь-який час доби, що часто призводить до збільшення частоти доїння та надоїв. Роботи автоматично виконують підготовку вимені, підключення доїльних стаканів, сам процес доїння та відключення, одночасно збираючи дані про кількість та якість молока, стан здоров'я тварини. В Україні вже є успішні приклади впровадження РДС на фермах ПСП «Україна» та ПП «Євросем».

Автоматизовані системи вентиляції, опалення, охолодження та освітлення підтримують оптимальні умови утримання тварин у приміщеннях, що позитивно впливає на їх здоров'я, добробут та продуктивність [5].

Різноманітні датчики (нашийники, вушні бирки, болюси, камери) відстежують рухову активність, час жуйки, температуру тіла, частоту дихання та інші показники. Алгоритми III аналізують ці дані для ранньо-

Таблиця 1

Ключові технології автоматизації в сільському господарстві

Категорія технології	Ключові компоненти/ Приклади	Основні функції	Релевантність для АПК України
Точне землеробство	GNSS/GPS, ГІС, ДЗЗ (супутники, дрони), VRT, YMT, сенсори ґрунту/рослин	Оптимізація використання ресурсів (насіння, добрива, ЗЗР, вода), картографування, моніторинг стану посівів, підвищення врожайності	Висока. Активно впроваджується великими та середніми господарствами. Ключова для підвищення ефективності та зниження витрат.
Інтернет речей (IoT)	Метеостанції, датчики ґрунту, датчики стану рослин, носимі датчики для тварин, смарт-теплиці	Збір даних у реальному часі про середовище, ґрунт, рослини, тварин; основа для прийняття рішень та керування	Висока релевантність. Широкому застосуванню технології заважають її ціна та проблеми з доступом до Інтернету.
Штучний інтелект (III)	Алгоритми машинного навчання, комп'ютерний зір, прогнозна аналітика, системи підтримки рішень	Аналіз великих даних, прогнозування (врожайність, хвороби, погода), розпізнавання образів (бур'яни, хвороби), оптимізація процесів, прийняття рішень	Зростаюча. Використовується в системах аналітики даних, точному землеробстві, роботизованих системах.
Робототехніка (Агроботи)	Автономні трактори, роботи-сівалки, роботи-прополювачі, роботи-обприскувачі, роботи-збирачі, роботи-дояри	Виконання польових робіт (обробіток, сівба, догляд, збір), операції у тваринництві (доїння, годівля)	Висока для тваринництва (доїння). У рослинництві – переважно на стадії тестування або для нішевих завдань.
Дрони (БПЛА)	Мультикоптери, літакового типу; камери (RGB, мультиспектральні), обприскувальні системи	Моніторинг посівів, картографування, обприскування ЗЗР та добривами	Висока та зростаюча. Переваги обприскування дронами: гнучкість, точність та робота у складних умовах.

Джерело: авторська розробка

го виявлення ознак захворювань, кульгавості, теплового стресу або настання охоти, що дозволяє своєчасно вживати заходів. Автоматизовані скреперні системи або роботи-прибиральники видаляють гній з корівників, підтримуючи чистоту та гігієну [5].

Існують також автоматизовані станції для випоювання телят (наприклад, Urban ALMA PRO), системи автоматичного напування, а також розробки в галузі роботизованої мийки чи інших процедур догляду за тваринами.

Автоматизація в тваринництві дозволяє перейти до управління тваринами як індивідуумами, навіть у великих стадах. Роботизоване доїння реєструє дані по кожній корові [6], автоматизована годівля може надавати індивідуальні раціони, а сенсорний моніторинг відстежує стан кожної окремої тварини. Ця детальна інформація уможливує прийняття управлінських рішень, адаптованих до індивідуальних потреб.

Водночас автоматизація змінює роль фермера та персоналу ферми. Замість виконання важкої фізичної праці (доїння, роздача кормів), люди зосереджуються на управлінні системами, аналізі даних, що надходять від роботів та датчиків, та прийнятті стратегічних рішень щодо здоров'я стада, відтворення та годівлі. Це вимагає нових компетенцій та знань у галузі технологій та аналізу даних.

Точне управління ресурсами та оптимальні умови вирощування/утримання, що забезпечуються автоматизованими системами, можуть призвести до значного зростання врожайності сільськогосподарських культур та продуктивності тварин, наприклад, надойв молока. Дослідження та практика показують потенціал зростання врожайності до 22% завдяки точному землеробству [4], а використання дронів для обприскування може підвищити врожайність на 5–10% [7]. Роботи та автоматизовані системи можуть працювати швидше та безперервно (24/7), на відміну від людей, що значно скорочує час виконання багатьох сільськогосподарських операцій.

Однією з ключових переваг є можливість точного дозування та цільового застосування ресурсів. Це призводить до значної економії насіння, добрив, засобів захисту рослин та води. Наводяться дані про економію добрив на 5–20%, пестицидів та гербіцидів на 7–9% [4] або навіть 10–15% при використанні дронів [7]. Конкретний кейс показує економію гербіциду на \$1.29/га. Автоматизація зменшує потребу в ручній праці, що призводить до прямої економії на заробітній платі та пов'язаних з нею витратах. Деякі автоматизовані системи можуть бути більш енергоефективними порівняно з традиційними методами.

Зазначається потенційна можливість зниження цих витрат завдяки підвищеній надійності деяких автоматизованих систем, хоча складність сучасного обладнання може нівелювати цю перевагу. Оптимізація маршрутів

руху техніки за допомогою GPS та зменшення кількості проходів по полю (наприклад, при точному внесенні) дозволяє економити паливе до 6% [4]; загальне зниження витрат на 10%. Делікатне поводження роботів під час збирання врожаю може зменшити механічні пошкодження чутливих культур. Уникнення ущільнення ґрунту важкою технікою або пошкодження рослин колесами обприскувачів (дрони не залишають колії) також сприяє збереженню врожаю (до 100% збереження посівів при використанні дронів [7]). Кращий контроль умов під час вирощування та зберігання завдяки датчикам та автоматизованим системам допомагає запобігти псуванню продукції. Точність операцій зменшує кількість помилок та виробничого браку.

Автоматизація є прямим рішенням проблеми нестачі робочої сили, спричиненої демографічними змінами, міграцією або кризовими ситуаціями, такими як війна [1]. Для України, де значна частина працівників агросектору мобілізована, це має критичне значення, дозволяє усунути людей від виконання небезпечних робіт, пов'язаних з використанням агрохімікатів або експлуатацією важкої техніки, та виконання монотонних, важких та виснажливих операцій, покращуючи умови праці.

Незважаючи на очевидні переваги, широке впровадження автоматизації в сільському господарстві стикається з низкою серйозних перешкод, як загального характеру, так і специфічних для України.

Обладнання для автоматизації – роботи, дрони, системи точного землеробства, програмне забезпечення – може бути дуже дорогим. Вартість сучасного самохідного обприскувача може сягати \$600–900 тис., що еквівалентно вартості приблизно 10 великих дронів-обприскувачів [8]. Роботизовані доїльні системи також є значною інвестицією. Визначення рентабельності інвестицій (ROI) є складним завданням. Воно залежить від багатьох факторів: масштабу господарства, типу вирощуваних культур чи утримуваних тварин, досягнутого рівня економії ресурсів та підвищення продуктивності, ринкових цін на продукцію. Терміни окупності можуть бути досить тривалими, наприклад, для роботизованого доїння – 6–7 років і більше.

Багато господарств, особливо малі та середні, мають обмежений доступ до кредитних ресурсів або грантових програм, необхідних для фінансування дорогих технологічних рішень.

Ефективне використання складних автоматизованих систем вимагає наявності кваліфікованого персоналу для їх налаштування, експлуатації, моніторингу та технічного обслуговування. Потрібні фахівці, здатні аналізувати великі обсяги даних, що генеруються датчиками та системами ІІІ, та перетворювати їх на дієві управлінські рішення.

Багато автоматизованих систем, особливо ті, що використовують ІоТ та ІІІ, потребують стабільно-

го та швидкого доступу до Інтернету для передачі даних та хмарних обчислень. У сільській місцевості таке покриття часто є недостатнім. Надійна подача електроенергії є критично важливою для роботи роботів, датчиків, систем управління та обробки даних. Перебої з електропостачанням, особливо актуальні для України через атаки на енергетичну інфраструктуру, можуть паралізувати роботу автоматизованих ферм.

Автоматизовані системи генерують величезні обсяги даних, які потрібно ефективно зберігати, обробляти та аналізувати. Стандарти, такі як ISOBUS, допомагають вирішувати проблему обміну даними між різними платформами, але не завжди повністю. Необхідно забезпечити захист чутливих даних ферми (про врожайність, фінанси, технології) від несанкціонованого доступу, зламів чи зловживань.

Ситуація в Україні характеризується унікальним поєднанням викликів, що суттєво впливають на перспективи автоматизації:

- Наслідки війни. Прямі руйнування ферм, складів, елеваторів, транспортної інфраструктури. Пошкодження або знищення значної частини сільгосптехніки (до 18.6% [1]). Втрата доступу до значних площ сільгоспугідь через окупацію або мінне забруднення (близько третини земель потенційно небезпечні [1]).

- Мобілізація робочої сили. Гострий дефіцит як кваліфікованих, так і некваліфікованих працівників через мобілізацію до лав ЗСУ (близько 200 тисяч аграріїв [1]).

- Економічні труднощі. Фінансове виснаження агропідприємств через військові дії, зростання цін на ресурси (прогнозується зростання цін на насіння, ЗЗР, паливе, добрива на 10–15% у 2025 році [1]), порушення логістики та експорту. Обмежений доступ до фінансування.

- Енергетична небезпека. Нестабільне енергопостачання через постійні обстріли енергетичної інфраструктури, що ставить під загрозу роботу енергозалежних автоматизованих систем. Зростання витрат через необхідність використання генераторів.

- Забруднення земель. Ризик забруднення земель мінами та нерозірваними боєприпасами ускладнює польові роботи та може пошкодити техніку. Необхідні масштабні та дорогі роботи з розмінування.

- Логістика та доступ до ринків. Блокада портів, руйнування доріг та мостів, зміна традиційних експортних маршрутів створюють невизначеність та збільшують транспортні витрати.

В Україні складається критичний парадокс: фактори, що створюють найгострішу потребу в автоматизації (катастрофічний дефіцит робочої сили, необхідність підвищення ефективності в умовах економічного тиску), є тими ж самими факторами, що максимально ускладнюють її впровадження (брак капіталу через економічні збитки, руйнування інфраструктури, енергетична нестабільність, фізичні ризики на полях). Ця дилема є центральною проблемою для модернізації українського агросектору в сучасних умовах.

В умовах війни українські аграрії пріоритезують автоматизацію з максимальною та швидкою віддачею. Перевага надається технологіям точного внесення ресурсів, автоматизації на фермах з дефіцитом кадрів (напр., молочних) та системам моніторингу, що можуть працювати з обмеженим зв'язком. Комплексні та капіталомісткі роботизовані рішення, ймовірно, відкладуть до стабілізації. Отже, війна визначає не тільки швидкість, але й стратегічні напрямки впровадження автоматизації.

Висновки. В умовах повномасштабної війни та глибокої економічної нестабільності автоматизація агровиробництва є не просто модернізацією, а питанням виживання та розвитку. Втрата земель, руйнування інфраструктури, дефіцит кадрів та економічні труднощі потребують негайного впровадження інновацій для забезпечення операційної стійкості агропідприємств.

Втім, поширенню автоматизації заважають високі інвестиційні бар'єри, технічна складність, нестача фахівців та проблеми з інфраструктурою. Ці виклики поглиблюються війною, створюючи парадокс: чим вищою є потреба в автоматизації, тим складніше її реалізувати.

Попри це, автоматизація залишається економічно доцільною. Пріоритет мають технології з швидкою віддачею, як-от точне внесення ресурсів чи роботизація на фермах із гострим дефіцитом персоналу. Необхідною є розробка національних стратегій, адаптованих до українських реалій, з державною підтримкою, інвестиціями в кадри й інновації. Подальші дослідження мають зосереджуватися на цих стратегіях і аналізі їх довгострокового соціально-економічного впливу

Список літератури:

1. Ключові виклики для аграрного сектору та основні завдання державної аграрної політики на 2025 рік. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/sotsialna-polityka/klyuchovi-vyklyky-dlya-aharnoho-sektoru-ta-osnovni-zavdannya> (дата звернення: 20.05.2025).
2. Юрчук Н. П., Кіпоренко С. С. Цифровізація сільського господарства: виклики і можливості для фермерських господарств. *Агросвіт*. 2024. № 19. С. 53–62.
3. Лебідь О. В., Кіпоренко С. С., Вовк В. Ю. Використання технологій штучного інтелекту в сільському господарстві: європейський досвід та застосування в Україні. *Електронне моделювання*. 2023. Том 45. № 3. 67 с.
4. Точне землеробство в Україні: визначення та перспективи. URL: <https://weagro.com.ua/blog/tochne-zemlerobstvo-v-ukrayini-vyznachennya-ta-perspektyvy/> (дата звернення: 20.05.2025).

5. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування. URL: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/%D0%B5lektroenergetuka/Avtomotuzacia_tehnologihnuh_procesiv_i_sustemu_avtomatuhного_keryvanna/Zmist/zmist.htm (дата звернення: 20.05.2025).
6. Відкриття роботизованої Ферми Майбутнього Lely. URL: <https://www.eridon.ua/vidkrittia-robotizovanoyi-fermi-majbutnogo-lely> (дата звернення: 20.05.2025).
7. Роботи в сільському господарстві. Що нас чекає у майбутньому. URL: <https://www.agronom.com.ua/roboty-v-silskomu-gospodarstvi-shho-nas-chekaє-u-majbutnomu/> (дата звернення: 20.05.2025).
8. Дрони-обприскувачі: практичні переваги. URL: <https://ifarming.ua/autonomous-solutions/drony-obpryskuvachi-praktychni-perevagy> (дата звернення: 20.05.2025).
9. Неррей М. В. Цифрова трансформація аграрного сектору: перспективи, виклики та рішення. *Наукові записки НаУКМА. Економічні науки*. 2023. Том 8, №1. С. 94–100.
10. Погорілий В., Муха В. Тренди в роботизації мобільних сільськогосподарських засобів: збірник наукових праць. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2023. № 32. С. 96–111.

References:

1. Kliuchovi vyklyky dlia ahrarnoho sektoru ta osnovni завдання derzhavnoi ahrarnoi polityky na 2025 rik. [Key challenges for the agricultural sector and the main tasks of state agricultural policy for 2025]. Available at: <https://niss.gov.ua/doslizhennya/sotsialna-polityka/klyuchovi-vyklyky-dlya-ahrarnoho-sektoru-ta-osnovni-zavdannya> (accessed on May 20, 2025)
2. Yurchuk, N. P., Kiporenko, S. S. (2024). Tsyfrovizatsiia silskoho hospodarstva: vyklyky i mozhlyvosti dlia fermerskykh hospodarstv. [Digitization of agriculture: Challenges and opportunities for farms]. *Agrosvit*, Vol. 19, pp. 53–62. (in Ukrainian)
3. Lebid O. V., Kiporenko S. S., Vovk V. Yu. (2023). Vykorystannia tekhnolohii shtuchnoho intelektu v silskomu hospodarstvi: yevropeiskyi dosvid ta zastosuvannia v Ukraini. [The use of artificial intelligence technologies in agriculture: European experience and application in Ukraine]. *Elektronne modeliuvania – Electronic modeling*, Vol. 45(3), p. 67. (in Ukrainian)
4. Tochne zemlerobstvo v Ukraini: vyznachennia ta perspektyvy. [Precision agriculture in Ukraine: Definition and prospects]. Available at: <https://weagro.com.ua/blog/tochne-zemlerobstvo-v-ukrayini-vyznachennia-ta-perspektyvy/> (accessed on May 20, 2025)
5. Avtomatyzatsiia tekhnolohichnykh protsesiv i systemy avtomatichnoho keruvannia. [Automation of technological processes and automatic control systems]. Available at: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/%D0%B5lektroenergetuka/Avtomotuzacia_tehnologihnuh_procesiv_i_sustemu_avtomatuhного_keryvanna/Zmist/zmist.htm (accessed on May 20, 2025)
6. Vidkryttia robotyzovanoi Fermy Maibutnogo Lely. [Opening of the robotic Lely Farm of the Future]. Available at: <https://www.eridon.ua/vidkrittia-robotizovanoyi-fermi-majbutnogo-lely> (accessed on May 20, 2025)
7. Roboty v silskomu hospodarstvi. Shcho nas chekaє u maibutnomu. [Robots in agriculture. What awaits us in the future]. Available at: <https://www.agronom.com.ua/roboty-v-silskomu-gospodarstvi-shho-nas-chekaє-u-majbutnomu/> (accessed on May 20, 2025)
8. Drony-obpryskuvachi: praktychni perevahy. [Sprayer drones: Practical advantages]. Available at: <https://ifarming.ua/autonomous-solutions/drony-obpryskuvachi-praktychni-perevagy> (accessed on May 20, 2025)
9. Nehrei M. V. (2023). Tsyfrova transformatsiia ahrarnoho sektoru: perspektyvy, vyklyky ta rishennia. *Naukovi zapysky NaUKMA* [Digital transformation of the agricultural sector: Prospects, challenges, and solutions. Scientific Notes of NaUKMA]. *Ekonomichni nauky – Economic Sciences*, 8(1), pp. 94–100. (in Ukrainian)
10. Pohorylyi V., Mukha V. (2023). Trendy v robotyzatsii mobilnykh silskohospodarskykh zasobiv. [Trends in the robotization of mobile agricultural machinery]. *Collection of Scientific Papers*, Vol. 32, pp. 96–111. (in Ukrainian)