

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В КОРМОВИРОБНИЦТВІ: АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

**РЕЗНИЧЕНКО В.П.** – кандидат сільськогосподарських наук

*orcid.org/0000-0001-5693-0942*

Центральноукраїнський національний технічний університет

**КОЛОМІЄЦЬ Л.В.** – кандидат сільськогосподарських наук

*orcid.org/0000-0002-6410-1762*

Центральноукраїнський національний технічний університет

**КОРНИЧЕВА Г.І.** – асистент

*orcid.org/0000-0003-4306-0997*

Центральноукраїнський національний технічний університет

**Постановка проблеми.** Зростання світового населення та збільшення попиту на продукти харчування ставлять перед аграрним сектором нові виклики, серед яких ключовим є забезпечення сталого та ефективного виробництва кормів. Автоматизація та оптимізація процесів у кормовиробництві відіграють важливу роль у збільшенні обсягів виробництва та підвищенні якості продукції, що безпосередньо впливає на ефективність тваринництва. Сучасні технології, такі як штучний інтелект, робототехніка, Інтернет речей (IoT), забезпечують значні переваги для кормовиробничих підприємств, включаючи автоматизацію збору та аналізу даних, точне дозування компонентів кормів, та оптимізацію логістичних потоків. Такі технології допомагають не тільки знизити витрати та підвищити продуктивність, але й забезпечити більшу екологічну стійкість виробництва, зменшуючи відходи та споживання ресурсів. Дослідження, присвячене автоматизації та оптимізації виробничих процесів у кормовиробництві, є надзвичайно актуальним, адже воно спрямоване на розробку рекомендацій та стратегій для подальшого вдосконалення та інновацій в цій галузі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Початковий огляд можемо зосередити на фундаментальних роботах, таких авторів: Шабля В. [1], Сидорук Б. [2], які описують основні принципи автоматизації процесів у агропромисловому виробництві. Ці роботи допомагають зрозуміти, як впровадження автоматичних систем дозування та контролю може покращити точність та ефективність виробництва кормів.

Огляд сучасних досліджень, таких як Македон В., Холод О., Ярмоленко Л. [3], Кісіль М. [4], які досліджують впровадження Інтернету речей (IoT) та штучного інтелекту в автоматизацію виробничих процесів. Ці дослідження важливі для розуміння того, як збір даних та їх аналіз можуть сприяти оптимізації кормовиробництва. Слід виділити питання впливу автоматизації на економічну ефективність та екологічну стійкість, як це описано в роботі у Шпикуляк О., Саблук П., Перегуда В., Білоусько Я. [5]. Ці автори наголошують на зниженні витрат і викидів вуглецю завдяки ефективному використанню ресурсів, що є критичним у контексті екологічних викликів сталого виробництва кормів.

Розгляд біотехнологічних досягнень у виробництві кормів, таких як використання мікроорганізмів для збагачення кормів представлений в роботі Красноручий О., Маренич Т., Сенчук І. [8]. Це дослідження підкреслюють потенціал біотехнологій у підвищенні нутріційної вартості кормів та зменшенні залежності від традиційних джерел білка.

Ми бачимо, що, що автоматизація і впровадження сучасних технологій у виробництво кормів є перспективним напрямком, який може забезпечити значні переваги, включаючи підвищення ефективності, економію ресурсів, і покращення якості продукції. Водночас, для повного використання потенціалу цих технологій необхідно проводити подальші дослідження і робити наукові обґрунтування.

**Постановка завдання.** Головною метою статті є дослідження ефективності впровадження сучасних технологій автоматизації та оптимізації виробничих процесів у кормовиробництві, а також оцінка їх впливу на підвищення продуктивності, економічну ефективність і екологічну стійкість виробництва.

### **Завдання дослідження:**

- дослідити провідні технології автоматизації в кормовиробництві;
- оцінити технологічні і витратні ефекти автоматизації та оптимізації виробничих процесів в кормовиробництві;
- обґрунтувати пропозиції щодо впровадження сучасних технологій кормовиробництва в галузевому розрізі.

### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Кормовиробництво є фундаментальною ланкою в агропромисловому комплексі, відіграючи критичну роль в ефективності всієї галузі тваринництва. В умовах сучасного аграрного ринку, де зростаючі потреби населення змушують шукати нові шляхи підвищення продуктивності та екологічної стійкості, інновації в кормовиробництві стають не тільки бажаними, але й абсолютно необхідними. Наразі стан кормовиробництва характеризується інтенсивним впровадженням новітніх технологій, таких як автоматизація процесів, використання біотехнологій для покращення якості кормів та інтеграція систем штучного інтелекту для оптимізації виробничих ланцюгів.



Іншим важливим аспектом є зміна ролі кормовиробництва у загальній структурі агропромислового комплексу. Воно не просто забезпечує основу для розвитку тваринництва, але й значною мірою впливає на якість кінцевої продукції – м'яса, молока, яєць – яка потрапляє на стіл споживачам. З цієї причини, покращення процесів у кормовиробництві безпосередньо впливає на здоров'я та благополуччя суспільства в цілому [7]. Крім того, кормовиробництво стає все більш інтегрованим в системи замкнутого циклу виробництва, де побічні продукти одних агропромислових підприємств використовуються як ресурси для інших. Такий підхід не тільки сприяє сталості аграрного сектору, але й є ключовим елементом у боротьбі з кліматичними змінами. Дослідимо провідні технології в кормовиробництві.

1. Автоматизація процесів дозування та змішування компонентів кормів. У сучасному агропромисловому виробництві однією з ключових технологічних інновацій є автоматизація процесів дозування та змішування компонентів кормів. Такі технології відіграють вирішальну роль у підвищенні ефективності та якості кормів, що безпосередньо впливає на продуктивність та здоров'я тварин. Автоматичне дозування дозволяє точно вимірювати кількість кожного компонента корму, забезпечуючи таким чином строге дотримання рецептури, що знижує ризики надлишку чи нестачі певних інгредієнтів, які можуть вплинути на здоров'я тварин або знизити ефективність корму. Сучасні системи дозування використовують передові датчики та програмне забезпечення, які забезпечують високу точність та повторюваність процесів [8].

Технологія змішування компонентів також пройшла значні зміни завдяки автоматизації, так сучасні змішувачі забезпечують рівномірне змішування інгредієнтів, що є критично важливим для забезпечення однорідності корму. Однорідність корму забезпечує однакове харчування для всіх тварин, незалежно від їхнього місця у годівниці або порядку доступу до корму.

Автоматизація дозволяє також оптимізувати виробничі цикли, знижуючи час, необхідний для підготовки партій корму, і зменшуючи виробничі витрати. Крім того, вона сприяє підвищенню безпеки праці на виробництві, оскільки мінімізує потребу в безпосередньому людському втручанні в потенційно небезпечні процеси змішування або транспортування кормових компонентів. Ще однією перевагою автоматизації є можливість інтеграції з іншими системами керування на фермі, такими як системи годівлі та моніторингу здоров'я тварин, що дозволяє не тільки відслідковувати ефективність корму, але й швидко адаптувати рецептуру відповідно до поточних потреб тварин, заснованих на даних про їхнє здоров'я та продуктивність [9].

2. Комп'ютеризовані системи управління виробництвом кормів. У сучасній епосі індустріалізації, комп'ютеризовані системи управління виробництвом (MES) стали основою для забезпечення високої ефективності та контролю в різних галузях, включаючи кормовиробництво, такі системи сприяють автоматизації, моніторингу та оптимізації всіх аспектів виробничих процесів, що в кінцевому підсумку підвищує продуктивність і мінімізує витрати.

Комп'ютеризовані системи управління надають можливість точно контролювати і регулювати процеси дозування, змішування, і обробки кормів, забезпечуючи таким чином високу якість та консистентність продукції. Через централізоване управління даними, такі системи дозволяють операторам швидко реагувати на будь-які зміни в процесі виробництва або відхилення від норми, що забезпечує неперервність і безпеку виробничих процесів [10].

Паралельно з впровадженням комп'ютеризованих систем, значний прогрес був досягнутий у використанні робототехніки, особливо в областях пакування та логістики кормів. Роботизовані системи для пакування кормів дозволяють автоматизувати процеси укладання мішків або контейнерів, їх маркування, палетування, що значно знижує виробничі витрати і підвищує точність і швидкість обробки замовлень. Використання роботів у логістиці дозволяє автоматизувати транспортування кормів від виробничих ліній до складів чи транспортних засобів, забезпечуючи таким чином більш ефективне управління запасами і оптимізацію робочого простору [11].

Ефективність робототехніки в кормовиробництві особливо помітна в контексті збереження працездатності персоналу та безпеки робочих місць, так роботизоване обладнання виконує монотонні, важкі або потенційно небезпечні завдання, знижуючи ризик травм у робітників і підвищуючи загальну продуктивність процесів. Важливим аспектом інтеграції комп'ютеризованих систем управління і робототехніки є здатність цих технологій адаптуватися до змін у виробничих потребах і цифрові технології дозволяють швидко перенастроювати виробничі лінії під різні види кормів або зміни в рецептурах, що є критично важливим у швидкозмінному ринковому середовищі.

3. Штучний інтелект (ШІ) у виробництві кормів. У світі, де технологічні інновації неухильно просувають межі можливого, застосування штучного інтелекту (ШІ) в агропромисловому секторі, зокрема у виробництві кормів, відкриває нові горизонти для оптимізації виробничих процесів. Штучний інтелект має потенціал радикально змінити способи формулювання кормів, підвищуючи їхню якість та ефективність, а також вносячи важливий вклад у сталість і економічну вигоду виробництва [12]. На сьогоднішній день однією з ключових переваг використання ШІ у виробництві кормів є його здатність до оптимізації формул на основі величезної кількості даних, також штучний інтелект може аналізувати дані про харчові властивості інгредієнтів, здоров'я та продуктивність тварин, а також про економічні показники виробництва кормів, що дозволяє формувати корми, які не тільки відповідають нутрієнтним потребам тварин, але й оптимізовані під кутом зору вартості інгредієнтів та ефективності їх використання.

Штучний інтелект також сприяє інноваційному підходу до вирішення проблеми резистентності до антибіотиків, що є загальносвітовою проблемою. За допомогою алгоритмів глибокого навчання, можливо розробити корми, які містять природні добавки та пробіотики, здатні підтримувати здоров'я тварин без використання шкідливих антибіотиків. Такі інноваційні рішення можуть

вирішити одразу кілька проблем: збільшити продуктивність тварин, підвищити якість продукції та зменшити негативний вплив на довкілля [11].

Крім того, ШІ може виступати в ролі важливого інструменту для прогнозування трендів у виробництві кормів, що дозволяє адаптуватися до мінливих умов ринку з більшою гнучкістю. Штучний інтелект може аналізувати ринкові дані, попит на певні види кормів і зміни в законодавстві, що впливають на агропромисловий сектор, тим самим допомагаючи компаніям своєчасно адаптувати свої стратегії та оптимізувати виробничі потужності. Впровадження ШІ в процеси виробництва кормів також підвищує стандарти безпеки та якості продукції і забезпечує автоматичний контроль за складом кормів та процесами їх виробництва зменшує людський фактор і потенційні помилки, що призводить до виробництва більш стабільної та безпечної продукції.

4. Інтернет речей (IoT) у виробництві кормів. Інтернет речей (IoT) є однією з найважливіших технологічних інновацій сучасності, яка здатна змінити традиційні підходи до виробництва в багатьох галузях, включно з агропромисловим сектором. Впровадження IoT у процеси виробництва кормів відкриває нові можливості для моніторингу, контролю та оптимізації всього виробничого ланцюга, що веде до збільшення ефективності, зниження витрат та підвищення якості продукції [13].

Моніторинг у реальному часі є однією з ключових переваг використання IoT. Завдяки встановленню сенсорів на обладнанні та по всьому виробничому простору, дані про стан машин, витрати енергії, температуру, вологість та інші важливі показники можуть збиратися в реальному часі, що дає можливість дозволяє оперативно реагувати на будь-які відхилення від норми та оптимізувати процеси, зменшуючи ризик виробничих помилок та збільшуючи продуктивність.

Аналіз великих даних є ще однією значущою можливістю, яку відкриває IoT. Зібрані сенсорами дані можуть оброблятися за допомогою алгоритмів машинного навчання, що дозволяє виявляти тенденції, прогнозувати потенційні несправності обладнання або оптимізувати споживання ресурсів. Наприклад, аналізуючи дані про споживання компонентів корму, можна точно прогнозувати потреби в закупівлі сировини, забезпечуючи оптимальне управління запасами та мінімізуючи відходи. Інтеграція з іншими системами є ключовим фактором, який підвищує загальну ефективність використання IoT. Інтегруючи дані з IoT з іншими інформаційними системами на підприємстві, можна створити єдину інформаційну екосистему, яка забезпечує узгодженість управління всіма аспектами виробництва [14]. Такий підхід дозволяє керувати кормовиробництвом з урахуванням не тільки внутрішніх виробничих потреб, але й зовнішніх ринкових умов.

Екологічний вплив IoT також важливий для сталого розвитку агропромислового сектору. Оптимізація споживання енергії та ресурсів не тільки знижує витрати, але й мінімізує вплив виробництва на довкілля, що стає все більш актуальним в контексті глобальних змін клімату та зростаючих вимог до екологічної відповідальності підприємств.

5. Біотехнології. У контексті стрімкого розвитку наукових досліджень і технологій, біотехнології відіграють революційну роль у виробництві кормів. Одним із провідних напрямків у цій сфері є використання мікроорганізмів для збагачення кормів, що відкриває нові можливості для підвищення їхньої нутріційної цінності (цінність поживних речовин) та функціональних характеристик.

Мікроорганізми, такі як бактерії, дріжджі та мікроскопічні гриби, вже давно використовуються в агропромисловості для виробництва антибіотиків, вітамінів та інших важливих речовин. Нещодавно вчені почали застосовувати мікроорганізми для створення кормів, збагачених певними нутрієнтами, що важливі для здоров'я та продуктивності тварин. Наприклад, деякі штами дріжджів можуть виробляти омега-3 жирні кислоти, які є життєво важливими для здоров'я серцево-судинної системи тварин [15].

Застосування мікроорганізмів у виробництві кормів має кілька переваг. По-перше, це дозволяє зменшити залежність від традиційних джерел нутрієнтів, таких як риб'ячий жир чи м'ясні білки, що є важливим у контексті сталого розвитку та збереження природних ресурсів. По-друге, використання мікроорганізмів може покращити засвоюваність кормів та збільшити ефективність їх використання, зменшуючи при цьому кількість відходів.

Більш того, мікроорганізми можуть виробляти біологічно активні сполуки, які сприяють покращенню імунітету та загального стану здоров'я тварин. Це може вести до зниження захворюваності серед тварин та зменшення потреби в антибіотиках та інших медикаментах, що є актуальним у світлі глобальної боротьби з антибіотикорезистентністю [16].

Однак, попри всі переваги, використання мікроорганізмів у виробництві кормів стикається з певними викликами. Зокрема, необхідно забезпечити строгий контроль за чистотою та безпекою культур, уникати контамінації та забезпечувати стабільність виробничих процесів (табл. 1).

Автоматизація виробництва кормів відкриває нові можливості для підвищення ефективності, зменшення витрат і впливу на довкілля. Цей процес також має технічні та організаційні виклики, які потребують уважного розгляду. Крім того, автоматизація безпосередньо впливає на якість та безпеку кормів, забезпечуючи стабільність і контроль на кожному етапі виробництва.

1. Економічні та екологічні переваги автоматизації. Автоматизація виробництва кормів пропонує значні економічні переваги. Вона дозволяє оптимізувати використання ресурсів, знижуючи витрати на сировину і енергію. Автоматизовані системи можуть точно дозувати інгредієнти, зменшуючи відходи і забезпечуючи ефективне використання матеріалів. Така оптимізація веде до зниження загальних виробничих витрат і підвищення продуктивності [17]. З екологічної точки зору, автоматизація допомагає знизити викиди вуглецю завдяки більш ефективному використанню енергії та кращому управлінню матеріальними потоками. Системи управління можуть також контролювати і оптимізувати водоспоживання та обробку відходів, підвищуючи загальну стійкість виробництва.

Таблиця 1

## Порівняльний аналіз провідних технологій в кормовиробництві

№ з/п	Технологічна характеристика	Виробничий ефект	Економічний ефект	Якість годування	Екологічний ефект
1.	Автоматизація процесів дозування та змішування компонентів кормів	Підвищення точності та ефективності, зниження часу обробки	Зниження витрат на ресурси, зменшення відходів	Забезпечення однорідності корму, покращення якості харчування	Зменшення викидів у атмосферу, зниження енергоспоживання
2.	Комп'ютеризовані системи управління виробництвом кормів	Централізоване управління процесами, покращена координація виробництва	Економія часу та ресурсів за рахунок кращого планування	Контроль якості на кожному етапі виробництва	Зниження екологічного впливу через оптимізацію ресурсів
3.	Штучний інтелект (ШІ) у виробництві кормів	Оптимізація формул кормів, адаптація до змінних умов виробництва	Зниження витрат через оптимальне використання інгредієнтів	Точне дотримання рецептури, адаптація кормів до потреб тварин	Мінімізація впливу на довкілля через ефективніше використання сировини
4.	Інтернет речей (IoT) у виробництві кормів	Моніторинг та оптимізація виробничих процесів в реальному часі	Зниження витрат на обслуговування обладнання, запобігання збоєм	Точний контроль за складом кормів, оптимальне харчування тварин	Ефективне управління водними та енергетичними ресурсами
5.	Біотехнології	Розробка кормів з покращеними нутріційними властивостями	Зменшення залежності від зовнішніх постачальників сировини	Підвищення якості кормів, збагачення їх біоактивними компонентами	Підвищення стійкості продукції до змін клімату, використання відновлюваних джерел

Джерело: розроблено авторами

2. Технічні та організаційні виклики при імplementації сучасних технологій. Впровадження автоматизації виробництва кормів несе з собою ряд технічних та організаційних викликів. На технічному рівні, аграрним компаніям необхідно інвестувати в передове обладнання та ПЗ, що може вимагати значних початкових витрат, підтримка та оновлення систем також вимагають регулярних інвестицій, робітники повинні бути навчені ефективно взаємодіяти з новими технологіями, що може зайняти час та вимагати додаткових ресурсів для професійного розвитку [3].

3. Вплив автоматизації на якість та безпеку кормів. Автоматизація безпосередньо впливає на якість і безпеку кормів, так автоматизовані системи забезпечують сталість і відтворюваність виробничих процесів, що є ключовим для забезпечення високої якості кінцевого продукту. Контроль якості може виконуватися на кожному етапі виробництва, що дозволяє швидко виявляти і виправляти будь-які недоліки, крім того, автоматизація може знизити ризик людських помилок, які можуть призвести до забруднення або інших проблем з безпекою продукції. Системи можуть відслідковувати критичні параметри виробництва і автоматично вживати заходів, щоб забезпечити дотримання стандартів безпеки (табл. 2).

Зі зростанням глобалізації та збільшенням аграрних корпорацій, локальні виробники кормів змушені адаптуватися до нових умов конкуренції, де ключовими стають не тільки ціна та якість продукції, але й її екологічні та соціальні параметри. Роль кормовиробництва в агропромисловому комплексі не може бути переоцінена.

**Висновки і пропозиції.** Визначено, що впровадження автоматизованих систем в процесах дозування та змішування компонентів кормів демонструє значне підвищення продуктивності виробництва, і автоматизація забезпечує точність у виробництві кормів, що знижує ризики помилок у складах інгредієнтів та забезпечує оптимальне харчування для тварин. Обґрунтовано, що застосування сучасних технологій зменшує оперативні витрати завдяки оптимізації використання ресурсів і зниженню відходів, також автоматизація виробничих ліній дозволяє також скоротити час на підготовку і обробку кормів, що є критично важливим для відповідності ринковим вимогам.

Дослідження показало, що інтеграція штучного інтелекту та систем Інтернету речей (IoT) сприяє збереженню навколишнього середовища через моніторинг і контроль за використанням природних ресурсів, що дозволяє зменшити екологічний вплив виробництва кормів, оптимізуючи процеси з мінімальним викидом шкідливих речовин.

Автоматизація підвищує якість кормів через строгий контроль виробничих процесів, також системи автоматичного контролю гарантують дотримання стандартів безпеки та здатні оперативно реагувати на будь-які відхилення від норми, забезпечуючи високу якість кінцевої продукції. Кормовиробництво реагує на зростаючі глобальні виклики, такі як забезпечення продовольчої безпеки і боротьба зі зміною клімату, через впровадження біотехнологій і використання мікроорганізмів для збагачення кормів, що покращує їх нутрієнтний склад.

Таблиця 2

## Оцінка технологічних і галузевих ефектів від автоматизації та оптимізації виробничих процесів кормовиробництва

Технологія	Доцільність впровадження	Галузевий ефект	Зростання рівня якості продуктивності виробництва	Оптимізація ресурсів виробництва
Економічні та екологічні переваги автоматизації	Значні економічні переваги; оптимізація використання ресурсів, зменшення витрат на..	Підвищення продуктивності; зниження екологічного впливу через більш ефективне у..	Зниження оперативних витрат; підвищення ефективності виробничих ліній.	Оптимізація споживання ресурсів, мінімізація відходів.
Технічні та організаційні виклики при імplementації сучасних технологій	Вимагає значних початкових інвестицій у обладнання та ПЗ; необхідність навчання персоналу	Необхідність адаптації галузевих стандартів до нових технологічних вимог.	Можливі виклики в початковій фазі імplementації, пов'язані з технічними налагодженням	Вимагає постійного моніторингу і оновлення технологічного обладнання.
Вплив автоматизації на якість та безпеку кормів	Підвищення якості і безпеки продукції за рахунок забезпечення сталості	Забезпечення відповідності продукції до міжнародних стандартів якості та безпеки.	Систематичне покращення якості кінцевої продукції.	Автоматизація процесів забезпечує ефективне використання сировини та енергії.

Джерело: розроблено авторами

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аверчева Н. О. Організаційні аспекти формування кормової бази тваринництва. Інвестиції: практика та досвід. 2021. № 10. С. 55–63. URL: [http://www.investplan.com.ua/pdf/10\\_2021/10.pdf](http://www.investplan.com.ua/pdf/10_2021/10.pdf)
2. Воронецька І. С., Юрчук Н. П. Бізнес-процеси кормового центру як основа відродження тваринництва України. Корми і кормовиробництво. 2023. № 95. С. 215–228. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202395-20.
3. Гнатишин Л. Б., Прокопишин О. С., Трушкіна Н. В. Тенденції розвитку ринку кормових добавок в Україні. Агросвіт. 2023. № 9–10. С. 40–51. DOI: 10.32702/2306-6792.2023.9-10.40.
4. Заходим М. В. Критерії формування потенціалу ринку продукції тваринництва. Агросвіт. 2023. № 5–6. С. 74–85. DOI: 10.32702/2306-6792.2023.5-6.74.
5. Красноручський О., Маренич Т., Сенчук І. Адаптація польового кормовиробництва в Україні до вимог «зеленого» курсу. Вісник Хмельницького національного університету. 2023. № 5. С. 324–332. DOI: 10.31891/2307-5740-2023-322-5-52.
6. Коваленко Г. В., Іваненко Т. Я. Впровадження перспективних кормових культур – основа підвищення продуктивності дійного стада. Економіка і суспільство. 2017. Вип. 9. С. 773–780. URL: [https://economyandsociety.in.ua/journals/9\\_ukr/135.pdf](https://economyandsociety.in.ua/journals/9_ukr/135.pdf)
7. Кормові ресурси польових агроєкосистем : монографія / за наук. ред. В. Ф. Петриченка, О. В. Корнійчука. Київ : Аграрна наука, 2023. 544 с.
8. Македон В. В., Михайленко О. Г. Управління внутрішніми інвестиційними проектами в регіональному промисловому кластері підприємств. Підприємництво та інновації. 2022. № 25. С. 56–63. DOI: 10.32782/2415-3583/25.9.
9. Македон В. В., Холод О. Г., Ярмоленко Л. І. Модель оцінки конкурентоспроможності високотехнологічних підприємств на засадах формування ключових компетенцій. Академічний огляд. 2023. № 2(59). С. 75–89. DOI: 10.32342/2074-5354-2023-2-59-5.
10. Методи і практика оцінки ефективності інвестицій у польове кормовиробництво сільськогосподарських підприємств : монографія / за ред. М. І. Кісіля. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2014. 303 с.
11. Нечипоренко О. М., Людвенко Д. В. Проблеми та перспективи розвитку галузі тваринництва в умовах повоєнного періоду. Агросвіт. 2022. № 22. С. 24–32. DOI: 10.32702/2306-6792.2022.22.24.
12. Петриченко В. Ф., Корнійчук О. В. Стратегії інноваційного розвитку кормовиробництва України в умовах сучасних викликів. Вісник аграрної науки. 2018. № 1. С. 11–17. DOI: 10.31073/agrovisnyk201801-02.
13. Сидорук Б. О. Світовий досвід збалансованого використання земельно-ресурсного потенціалу в аграрній галузі. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2017. Вип. 26(2). С. 216–228.
14. Шабля В. П. Технології скотарства: чинники ергономічності та ефективності : монографія. Вид. 2-ге, переробл. і допов. Харків : ФОРМ Мезіна, 2018. 224 с.
15. Шпикуляк О. Г., Саблук П. Т., Перегуда В. Л., Білоусько Я. К. Економіка виробництва та використання кормів в Україні : монографія. Київ : ННЦ ІАЕ, 2010. С. 233–264.
16. Яців І. Б., Темненко С. М. Формування кормової бази як чинника розвитку тваринництва у сільськогосподарських підприємствах. Агросвіт. 2020. № 16. С. 24–31. URL: [http://www.agrosvit.info/pdf/16\\_2020/5.pdf](http://www.agrosvit.info/pdf/16_2020/5.pdf)
17. Makedon V., Dzeveluk A., Khaustova Y., Bieliakova O., Nazarenko I. Enterprise multi-level energy efficiency management system development. International Journal of Energy, Environment, and Economics. 2021. Vol. 29, Iss. 1. P. 73–91.

## REFERENCES:

1. Avercheva, N.O. (2021). Orhanizatsiini aspekty formuvannia kormovoi bazy tvarynnytstva [Organizational aspects of forming the feed base for livestock production]. Investytsii: praktyka ta dosvid, 10, 55–63. [http://www.investplan.com.ua/pdf/10\\_2021/10.pdf](http://www.investplan.com.ua/pdf/10_2021/10.pdf) [in Ukrainian].
2. Voronetska, I.S., & Yurchuk, N.P. (2023). Biznes-protsesy kormovoho tsentru yak osnova vidrodzhennia

- tvarynnytstva Ukrainy [Business processes of a feed center as the basis for reviving Ukraine's livestock sector]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 95, 215–228. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202395-20>. [in Ukrainian].
3. Hnatyshyn, L.B., Prokopyshyn, O.S., & Trushkina, N.V. (2023). Tendentsii rozvytku rynku kormovykh dobavok v Ukraini [Trends in the development of the feed additives market in Ukraine]. *Ahrosvit*, 9–10, 40–51. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2023.9-10.40>. [in Ukrainian].
  4. Zakhodym, M.V. (2023). Kryterii formuvannya potentsialu rynku produktii tvarynnytstva [Criteria for shaping the market potential of livestock products]. *Ahrosvit*, 5–6, 74–85. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2023.5-6.74>. [in Ukrainian].
  5. Krasnorutskiy, O., Marenych, T., & Senchuk, I. (2023). Adaptatsiia polovogo kormovyrobnytstva v Ukraini do vymoh «zelenoho» kursu [Adaptation of field fodder production in Ukraine to the requirements of the 'green' course]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, 5, 324–332. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-322-5-52>. [in Ukrainian].
  6. Kovalenko, H.V., & Ivanenko, T.Ya. (2017). Vprovadzhennia perspektyvnykh kormovykh kultur – osnova pidvyshchennia produktyvnosti diinoho stada [Introducing promising forage crops as a basis for increasing the productivity of dairy herds]. *Ekonomika i suspilstvo*, 9, 773–780. [https://economyandsociety.in.ua/journals/9\\_ukr/135.pdf](https://economyandsociety.in.ua/journals/9_ukr/135.pdf). [in Ukrainian].
  7. Petrychenko, V.F. (Ed.), & Korniiichuk, O.V. (Ed.) (2023). Kormovi resursy polovykh ahroekosystem [Feed resources of field agroecosystems (monograph)]. Kyiv: *Ahrarna nauka*. [in Ukrainian].
  8. Makedon, V.V., & Mykhailenko, O.H. (2022). Upravlinnia vnutrishnimy investytsiynymy proiektamy v rehionalnomu promyslovomu klasteri pidpriemstv [Management of internal investment projects in a regional industrial cluster of enterprises]. *Pidpriemnytstvo ta innovatsii*, 25, 56–63. <https://doi.org/10.32782/2415-3583/25.9>. [in Ukrainian].
  9. Makedon, V.V., Kholod, O.H., & Yarmolenko, L.I. (2023). Model otsinky konkurentospromozhnosti vysokotekhnolohichnykh pidpriemstv na zasadakh formuvannya kliuchovykh kompetentsii [A model for assessing the competitiveness of high-tech enterprises based on key competencies formation]. *Akademichnyi ohliad*, 2(59), 75–89. <https://doi.org/10.32342/2074-5354-2023-2-59-5>. [in Ukrainian].
  10. Kisil, M.I. (Ed.) (2014). Metody i praktyka otsinky efektyvnosti investytsii u polove kormovyrobnytstvo silskohospodarskykh pidpriemstv [Methods and practice of evaluating the effectiveness of investments in field fodder production of agricultural enterprises (monograph)]. Kyiv: NNTs «IAE». [in Ukrainian].
  11. Nechyporenko, O.M., & Liudvenko, D.V. (2022). Problemy ta perspektyvy rozvytku haluzi tvarynnytstva v umovakh povoiennoho periodu [Problems and prospects for the development of the livestock sector in the post-war period]. *Ahrosvit*, 22, 24–32. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2022.22.24>. [in Ukrainian].
  12. Petrychenko, V.F., & Korniiichuk, O.V. (2018). Stratehii innovatsiinoho rozvytku kormovyrobnytstva Ukrainy v umovakh suchasnykh vyklykiv [Strategies for innovative development of fodder production in Ukraine under modern challenges]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 1, 11–17. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201801-02>. [in Ukrainian].
  13. Sydoruk, B.O. (2017). Svitovyi dosvid zbalansovanoho vykorystannia zemelno-resursnoho potentsialu v ahrarnii haluzi [Global experience of balanced use of land-resource potential in the agricultural sector]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 26(2), 216–228. [in Ukrainian].
  14. Shablia, V.P. (2018). Tekhnolohii skotarstva: chynnyky erhonomichnosti ta efektyvnosti [Livestock technologies: factors of ergonomics and efficiency (monograph)]. Kharkiv: FOP Mezina. 224 p. [in Ukrainian].
  15. Shpykuliak, O.H., Sabluk, P.T., Pehuda, V.L., & Bilousko, Ya.K. (2010). Ekonomika vyrobnytstva ta vykorystannia kormiv v Ukraini [Economics of feed production and use in Ukraine (monograph)]. Kyiv: NNTs IAE. Pp. 233–264. [in Ukrainian].
  16. Yatsiv, I.B., & Temnenko, S.M. (2020). Formuvannia kormovoi bazy yak chynnyka rozvytku tvarynnytstva u silskohospodarskykh pidpriemstvakh [Forming the feed base as a factor in livestock development in agricultural enterprises]. *Ahrosvit*, 16, 24–31. [http://www.agrosvit.info/pdf/16\\_2020/5.pdf](http://www.agrosvit.info/pdf/16_2020/5.pdf). [in Ukrainian].
  17. Makedon, V., Dzeveluk, A., Khaustova, Y., Bieliakova, O., & Nazarenko, I. (2021). Enterprise multi-level energy efficiency management system development [Enterprise multi-level energy efficiency management system development]. *International Journal of Energy, Environment, and Economics*, 29(1), 73–91.
- Резніченко В.П., Коломієць Л.В., Корнічева Г.І.**  
**Сучасні технології в кормовиробництві: автоматизація та оптимізація виробничих процесів**  
 Стаття аналізує значущість кормовиробництва у сфері агропромислового комплексу, особливо в контексті впливу на ефективність галузі тваринництва. В умовах зростаючих вимог до продуктивності та екологічної стійкості, інновації в кормовиробництві виступають не лише як бажані, але й як критично необхідні. Автори досліджують впровадження передових технологій, таких як автоматизація процесів, біотехнології, інтеграція штучного інтелекту, які сприяють підвищенню якості кормів та ефективності виробничих ланцюгів. Зміна ролі кормовиробництва у структурі агропромислового комплексу підкреслює його вплив на якість кінцевої продукції та загальне здоров'я суспільства. Це стає особливо важливим, коли кормовиробництво інтегрується в системи замкнутого циклу, де відходи одних процесів використовуються як ресурси для інших, сприяючи сталості і зниженню впливу на клімат. Автоматизація процесів, таких як дозування та змішування компонентів кормів, забезпечує точність і повторюваність, що має безпосередній вплив на якість харчування та здоров'я тварин. Ці системи дозволяють інтегруватися з іншими системами керування на фермі, що оптимізує процеси на всіх рівнях виробництва. Штучний інтелект відкриває нові можливості для оптимізації формул кормів на основі аналізу великих даних про харчові властивості інгредієнтів, здоров'я та продуктивність тварин. Він також сприяє розробці кормів, які можуть замінити антибіотики та підтримувати здоров'я тварин природними способами, що важливо для глобальної боротьби з резистентністю до антибіотиків. Інтернет речей (IoT) підвищує ефективність кормовиробництва через реальний моніторинг

і оптимізацію процесів, знижуючи виробничі витрати та покращуючи управління ресурсами. Застосування IoT також мінімізує вплив на довкілля через краще управління витратами енергії та ресурсів. Стаття підкреслює важливість біотехнологій у розробці кормів з покращеними нутріційними властивостями, що знижує залежність від зовнішніх джерел сировини та сприяє сталому розвитку. Виклики, пов'язані з використанням мікроорганізмів, вимагають строгого контролю за чистотою та безпекою культур для забезпечення стабільності виробничих процесів.

**Ключові слова:** кормовиробництво, біотехнології, автоматизація виробничих процесів, роботизовані системи, штучний інтелект, мікроорганізми, якість кормів.

**Reznichenko V.P., Kolomiets L.V., Kornicheva H.I.  
Modern Technologies in Feed Production: Automation and Optimization of Production Processes**

The article analyzes the significance of fodder production in the field of agro-industrial complex, especially in the context of the impact on the efficiency of the livestock sector. In the conditions of growing requirements for productivity and environmental sustainability, innovations in feed production are not only desirable, but also critically necessary. The authors explore the implementation of advanced technologies, such as process automation, biotechnology, and the integration of artificial intelligence, which contribute to the improvement of feed quality and the efficiency of production chains. The change in the role of feed production in the structure of the agro-industrial complex emphasizes its impact on the quality of final products and the general health

of society. This becomes especially important when feed production is integrated into closed-loop systems, where waste from one process is used as a resource for others, contributing to sustainability and reducing climate impact. Automating processes such as dosing and mixing feed components provides precision and repeatability, which has a direct impact on nutritional quality and animal health. These systems allow integration with other management systems on the farm, which optimizes processes at all levels of production. Artificial intelligence opens up new opportunities for optimizing feed formulas based on the analysis of big data on the nutritional properties of ingredients, animal health and performance. It also promotes the development of feed that can replace antibiotics and support animal health in natural ways, which is important for the global fight against antibiotic resistance. The Internet of Things (IoT) increases the efficiency of feed production through real-time process monitoring and optimization, reducing production costs and improving resource management. The application of IoT also minimizes the impact on the environment through better management of energy and resource consumption. The article emphasizes the importance of biotechnology in the development of feeds with improved nutritional properties, which reduces dependence on external sources of raw materials and promotes sustainable development. The challenges associated with the use of microorganisms require strict control over the purity and safety of cultures to ensure the stability of production processes.

**Key words:** fodder production, biotechnology, automation of production processes, robotic systems, artificial intelligence, microorganisms, feed quality.

Дата першого надходження статті до видання: 10.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 06.05.2026