

Грушецький С.М.

к.т.н., доцент

Підлісний В.В.

к.т.н., доцент

**Заклад вищої освіти
«Подільський державний
університет»****Курка В.П.**

к.т.н., доцент

**Національний університет
біоресурсів і
природокористування
України****Фльонц О.В.**

к.т.н., доцент

**Відокремлений підрозділ
Національного
університету біоресурсів і
природокористування
України "Бережанський
агротехнічний інститут"****Hrushetskyi S.**Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor**Pidlisnyj V.**Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor**Higher educational institution
«Podillia State University»****Kurka V.**Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor**National University of Life and
Environmental Sciences of
Ukraine****Flonts O.**Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor**Separate Structural
Subdivision of the National
University of Life and
Environmental Sciences of
Ukraine "Berezhany
Agrotechnical Institute"**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИН І
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОРМОПРИГОТУВАННЯ ©
2026 by Грушецький С.М., Підлісний В.В., Курка
В.П., Фльонц О.В. ліцензовано згідно з СС BY 4.0**УДК 631.58:621.9:633.11****DOI: 10.37128/2306-8744-2026-2-10****ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИН
І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ
КОРМОПРИГОТУВАННЯ**

У статті розглянуто сучасні інноваційні технології машин і обладнання для кормоприготування до згодовування тваринам як ключовий фактор підвищення ефективності тваринницької галузі. Обґрунтовано значення механізованих та автоматизованих процесів підготовки кормів, які забезпечують оптимальну структуру, поживність і засвоюваність кормових сумішей відповідно до фізіологічних потреб різних видів і груп тварин. Проаналізовано основні технологічні операції кормоприготування, зокрема подрібнення, дозування, змішування, гранулювання, транспортування та роздавання кормів, а також визначено їх вплив на якість кінцевого продукту та продуктивність тварин.

Особливу увагу приділено інноваційним конструкціям машин, таким як універсальні кормозмішувачі-роздавачі, високопродуктивні дробарки нового покоління, автоматизовані дозувальні системи та гранулятори комбикормів, що дозволяють досягти високої однорідності кормосумішей і мінімізувати втрати поживних речовин. Розглянуто впровадження мехатронних систем, які інтегрують механічні, електронні та інформаційні компоненти для забезпечення точного керування технологічними процесами. Висвітлено роль цифрових технологій, зокрема систем автоматизованого управління, інтернету речей (IoT) та елементів штучного інтелекту, у підвищенні точності дозування, моніторингу параметрів роботи обладнання та оптимізації режимів функціонування машин.

У роботі також проаналізовано переваги використання роботизованих систем роздавання кормів, які забезпечують автономність, зниження трудових витрат і підвищення точності годівлі. Окремо розглянуто енергозберігаючі технології, спрямовані на зменшення енерговитрат та підвищення економічної ефективності виробництва кормів. Визначено основні проблеми впровадження інноваційних технологій, серед яких висока вартість обладнання, потреба у кваліфікованому персоналі та необхідність модернізації існуючої інфраструктури.

Узагальнено, що застосування інноваційних технологій у сфері кормоприготування до згодовування тваринам сприяє підвищенню якості кормів, зниженню собівартості продукції тваринництва, покращенню умов утримання тварин і забезпеченню сталого розвитку агропромислового виробництва. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою інтелектуальних систем управління, інтеграцією цифрових платформ і впровадженням технологій точного тваринництва.

Ключові слова: інноваційні технології, машини для кормоприготування, обладнання для годівлі тварин, автоматизація, кормозмішувачі, дозувальні системи, гранулювання кормів, роботизовані системи, цифрові технології, енергоефективність, точне тваринництво, мехатроніка, якість кормів, продуктивність тварин.



Вступ. Сучасний розвиток тваринництва характеризується зростанням вимог до ефективності виробництва, якості продукції та раціонального використання ресурсів. Одним із ключових чинників підвищення продуктивності галузі є організація повноцінної та збалансованої годівлі тварин, що безпосередньо залежить від рівня технологічного забезпечення процесів кормоприготування. Саме тому вдосконалення машин і обладнання для приготування кормів до їх згодовування набуває особливої актуальності в умовах інтенсифікації агропромислового виробництва.

Традиційні технології кормоприготування не завжди забезпечують необхідну точність дозування компонентів, однорідність кормосумішей та енергоефективність виробничих процесів. Це призводить до перевитрат кормових ресурсів, зниження продуктивності тварин і підвищення собівартості продукції. У зв'язку з цим виникає потреба у впровадженні інноваційних технічних рішень, які базуються на використанні сучасних досягнень агроінженерії, автоматизації, мехатроніки та цифрових технологій.

Інноваційні технології машин і обладнання для кормоприготування передбачають інтеграцію високотехнологічних систем керування, сенсорних пристроїв, програмного забезпечення та елементів штучного інтелекту, що забезпечують точне виконання технологічних операцій і адаптацію процесів до змінних умов виробництва. Використання таких технологій дозволяє не лише підвищити якість кормів і ефективність їх використання, але й значно знизити витрати енергії, трудових ресурсів та часу.

Особливого значення набуває впровадження універсальних машин, здатних виконувати комплекс операцій – від подрібнення та змішування до транспортування і роздавання кормів. Такі технічні рішення сприяють оптимізації виробничих процесів, скороченню кількості обладнання та підвищенню рівня автоматизації господарств. Водночас розвиток роботизованих систем та технологій точного тваринництва відкриває нові можливості для індивідуалізації годівлі та підвищення продуктивності тварин.

Дослідження інноваційних технологій машин і обладнання для кормоприготування до годування тваринами безпосередньо пов'язане з вирішенням актуальних наукових і практичних завдань агропромислового комплексу, зокрема у сфері підвищення ефективності тваринництва, раціонального використання ресурсів та забезпечення продовольчої безпеки.

На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва важливим завданням є підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин при одночасному зниженні витрат на

виробництво продукції. Це досягається шляхом удосконалення технологій годівлі, де ключову роль відіграє якість і збалансованість кормів. Інноваційні машини та обладнання забезпечують точне дозування компонентів, однорідність кормосумішей і оптимальну структуру корму, що сприяє кращому засвоєнню поживних речовин і підвищенню продуктивності тварин.

Важливим науковим завданням є розробка та впровадження енергоефективних технологій кормоприготування. Сучасні дослідження спрямовані на зниження енергоспоживання машин, оптимізацію робочих процесів та використання альтернативних джерел енергії. Це має особливе значення в умовах зростання вартості енергоресурсів і необхідності зменшення негативного впливу на довкілля.

Іншим актуальним напрямом є автоматизація та цифровізація процесів кормоприготування. Впровадження систем автоматизованого керування, сенсорних технологій, інтернету речей (IoT) та елементів штучного інтелекту дозволяє забезпечити безперервний моніторинг і оптимізацію технологічних процесів. Це сприяє підвищенню точності виконання операцій, зменшенню впливу людського фактору та підвищенню надійності обладнання.

Практичне значення досліджень полягає у створенні універсальних і високопродуктивних машин, здатних виконувати комплекс операцій із підготовки кормів до згодовування. Такі технічні рішення дозволяють скоротити витрати праці, зменшити кількість технологічного обладнання та підвищити рівень механізації й автоматизації виробництва.

Крім того, результати досліджень спрямовані на вирішення завдань екологічної безпеки, зокрема зниження втрат кормів, зменшення викидів пилу та шкідливих речовин, а також раціонального використання відходів аграрного виробництва.

Таким чином, розвиток інноваційних технологій машин і обладнання для кормоприготування до годування тваринами має важливе значення для реалізації стратегічних завдань аграрного сектору, підвищення його конкурентоспроможності та забезпечення сталого розвитку сільського господарства.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз сучасних наукових досліджень і публікацій свідчить про активний розвиток інноваційних технологій у сфері машин і обладнання для кормоприготування до годування тваринами. Основні напрями досліджень зосереджені на підвищенні ефективності технологічних процесів, автоматизації виробництва, впровадженні цифрових технологій та покращенні технічних характеристик обладнання.



У сучасних наукових роботах значна увага приділяється застосуванню концепції Індустрії 4.0 у кормовиробництві. Зокрема, дослідження показують, що використання технологій Інтернету речей (IoT), автоматизації та інтелектуальних систем управління дозволяє значно підвищити точність дозування кормових компонентів, забезпечити моніторинг роботи обладнання та оптимізувати виробничі процеси [1].

Цифровізація кормоприготування розглядається як один із ключових факторів підвищення продуктивності та якості кормів.

Окремий напрям досліджень пов'язаний із розробкою та впровадженням мехатронних комплексів для виробництва комбікормів. У наукових працях відзначається, що інтеграція механічних, електронних та програмних компонентів дозволяє автоматизувати технологічні процеси, підвищити їх точність і зменшити вплив людського фактору. Такі системи забезпечують комплексне управління всіма етапами кормоприготування – від подрібнення до роздавання кормів [2].

Важливим напрямом досліджень є підвищення надійності та ефективності роботи кормоприготувального обладнання. Зокрема, у роботах 2024 року досліджуються показники ремонтопридатності змішувачів-кормороздавачів, визначаються найбільш уразливі вузли та розробляються методи підвищення їх довговічності. Встановлено, що впровадження сучасних технічних рішень і систем діагностики дозволяє підвищити експлуатаційну надійність обладнання та знизити витрати на його обслуговування [3].

Крім того, значна кількість досліджень присвячена автоматизованим системам контролю процесів годівлі тварин. Зокрема, сучасні наукові огляди підкреслюють ефективність використання сенсорних технологій (акустичних, візуальних, рухових) для моніторингу поведінки тварин та оптимізації процесів годівлі. Такі системи дозволяють отримувати великі обсяги даних і використовувати методи обчислювального інтелекту для прийняття управлінських рішень [4].

Актуальним напрямом є також впровадження систем штучного інтелекту та аналізу великих даних у кормовиробництві. Дослідження показують, що використання алгоритмів машинного навчання дозволяє прогнозувати продуктивність тварин, оптимізувати раціони та підвищити ефективність використання кормів. Інтелектуальні системи здатні адаптувати режими роботи обладнання в реальному часі, що значно підвищує ефективність виробництва [5].

Разом з тим, у наукових публікаціях підкреслюється необхідність подальших досліджень у напрямі інтеграції окремих технологічних рішень у єдині автоматизовані системи, підвищення їх економічної ефективності та адаптації до умов конкретних господарств. Значна увага приділяється також питанням

енергоефективності, екологічної безпеки та зниження витрат ресурсів [6].

Таким чином, аналіз останніх досліджень свідчить, що розвиток машин і обладнання для кормоприготування до годування тваринами відбувається в напрямі комплексної автоматизації, цифровізації та інтелектуалізації технологічних процесів, що відкриває широкі перспективи для підвищення ефективності тваринництва.

Мета та завдання дослідження Мета дослідження полягає у комплексному аналізі інноваційних технологій машин і обладнання для кормоприготування, обґрунтуванні їх конструктивних і функціональних особливостей, а також визначенні ефективних напрямів підвищення якості кормів, енергоефективності та автоматизації технологічних процесів у тваринництві.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання дослідження:

– проаналізувати сучасний стан розвитку машин і обладнання для кормоприготування та визначити основні тенденції їх удосконалення;

– дослідити технологічні процеси підготовки кормів до згодовування тваринам (подрібнення, дозування, змішування, гранулювання, транспортування та роздавання) та встановити їх вплив на якість кормосумішей;

– охарактеризувати інноваційні конструкції кормоприготувальних машин (кормозмішувачі-роздавачі, дробарки, дозатори, гранулятори) та оцінити їх техніко-економічні показники;

– проаналізувати можливості впровадження мехатронних систем, автоматизованого керування, цифрових технологій, інтернету речей (IoT) та елементів штучного інтелекту у процеси кормоприготування;

– оцінити ефективність використання енергозберігаючих технологій і визначити шляхи зниження енерговитрат у процесах приготування кормів;

– визначити вплив інноваційних технологій на підвищення продуктивності тварин, зниження витрат кормів і покращення якості продукції тваринництва;

– виявити основні проблеми впровадження сучасного обладнання в господарствах та запропонувати шляхи їх вирішення;

– обґрунтувати перспективні напрями розвитку машин і обладнання для кормоприготування в умовах цифровізації агропромислового виробництва.

Виклад основного матеріалу. Сучасний етап розвитку тваринництва характеризується переходом до інтенсивних технологій виробництва, що зумовлює підвищені вимоги до якості кормів і ефективності процесів їх приготування. У цих умовах інноваційні технології машин і обладнання для кормоприготування до годування тваринами відіграють ключову роль у забезпеченні високої продуктивності галузі, зниженні витрат ресурсів та підвищенні економічної ефективності виробництва.

Технологічні процеси кормоприготування



Кормоприготування є складним багатостадійним процесом, що включає:

- подрібнення кормової сировини;
- дозування компонентів;
- змішування;
- термічну обробку (за необхідності);
- гранулювання;
- транспортування і роздавання кормів.

Якість виконання кожної з цих операцій безпосередньо впливає на поживність кормів, їх засвоюваність та продуктивність тварин. Наприклад, оптимальний ступінь подрібнення забезпечує кращу перетравність кормів, а рівномірне змішування – однорідність раціону.

Інноваційні машини для подрібнення кормів

Подрібнення є однією з найважливіших операцій, що визначає фізико-механічні властивості корму. Сучасні дробарки оснащуються:

- високошвидкісними роторами;
- змінними ситами;
- автоматичними системами регулювання ступеня подрібнення;

- датчиками навантаження.

Підлогові та мобільні зернодробарки (КДУ 2,0, ДБ 5) – традиційні моделі для подрібнення зерна перед змішуванням, які широко використовуються в технологічних лініях кормоприготування [7].

Гранулятори ТехноМашСтрой (ГКМ, ОГП, Rotex, Pelletnik, Grand) – обладнання для формування гранульованого корму з різної сировини (зерно, трав'яні маси, комбікорми) [8].

Інноваційні рішення дозволяють досягти оптимального розміру частинок при мінімальних енерговитратах. Використання частотно-регульованих приводів забезпечує адаптацію режимів роботи до властивостей сировини.

Технології змішування кормів

Змішування є критично важливим для отримання однорідної кормосуміші. Сучасні кормозмішувачі поділяються на:

- горизонтальні;
- вертикальні (шнекові);
- планетарні.

Інноваційні конструкції передбачають:

- використання багатощнекових систем;
- інтегровані ножі для додаткового подрібнення;

- системи контролю однорідності суміші.

FeedMech – серія стаціонарних кормозмішувачів (0,5–4 м³) для приготування однорідних кормових сумішей з різною місткістю [9].

AK Ziraat – вертикальні й горизонтальні змішувачі TMR із одно- та двох шнековими системами, що забезпечують рівномірне перемішування кормових компонентів [10].

Agromaster – вертикальні (УК) і горизонтальні (НК) кормозмішувачі для тваринницьких ферм [10].

ТехноМашСтрой – кормозмішувачі серій «КС» і «Вихор» для сухої та вологозмішаної сировини [8].

Застосування таких технологій дозволяє досягти коефіцієнта неоднорідності менше 5%, що відповідає сучасним вимогам до якості кормів.

Автоматизовані системи дозування

Точність дозування компонентів є ключовим фактором ефективності годівлі. Сучасні дозувальні системи базуються на:

- вагових датчиках високої точності;
- електронних контролерах;
- програмному забезпеченні для формування рецептів.

Інноваційні системи забезпечують:

- автоматичну корекцію доз;
- мінімізацію похибки (до 1%);
- інтеграцію з системами управління фермою.

Ось приклади марок та моделей автоматизованих систем дозування кормів, які відповідають сучасним вимогам точності та інтеграції (табл. 1).

Таблиця 1

Марки та моделі автоматизованих систем дозування кормів

Марка / Модель	Особливості
Trioliet Solomix 2	Автоматичне дозування та змішування кормів, точність до $\pm 1\%$, інтеграція з системами ферми, підтримка рецептів.
Siloking MultiLoad / Compact	Вагові датчики високої точності, електронний контроль, можливість формування та збереження численних рецептів.
Kuhn Primor / Profile Mix	Високоточне дозування компонентів, автоматична корекція рецептури, підключення до фермерських систем управління.
FeedTech SmartFeeder	Програмне забезпечення для точного формування раціонів, інтеграція з TMR-системами, контроль похибки до 1%.
Agromaster УК / НК з вагою та контролером	Вертикальні та горизонтальні змішувачі з вбудованими ваговими датчиками і контролером для автоматичного дозування.
AK Ziraat Tiremix-Y з автоматикою	Горизонтальні та вертикальні змішувачі з точним дозуванням, інтеграція з системою управління фермою, мінімізація похибок.

Гранулювання кормів як інноваційний процес. Гранулювання дозволяє:

- підвищити щільність корму;

- зменшити втрати при транспортуванні;
 - покращити поїдання корму тваринами.
- Сучасні гранулятори оснащуються:

– автоматичними системами контролю температури;
– матрицями з підвищеною зносостійкістю;
– системами охолодження гранул.

Ось приклади сучасних марок грануляторів кормів, які відповідають описаним інноваційним вимогам (табл. 2).

Таблиця 2

Сучасні марки грануляторів кормів

Марка / Модель	Особливості
CPM Pellet Masters	Висока щільність гранул, контроль температури, матриці підвищеної зносостійкості, система охолодження.
Andritz Feed Pelleting Systems	Автоматичне регулювання температури та вологості, ефективне формування гранул, мінімізація втрат корму.
Bühler Pelleting Systems	Сучасні матриці та ротаційні ролики, контроль процесу, охолодження готових гранул.
Wenger Animal Feed Pelleting	Технологія гранулювання з оптимізацією щільності, контроль енерговитрат, інтеграція в автоматизовані лінії.
AK Ziraat Pelletizer Series	Матриці з підвищеною зносостійкістю, контроль температури, охолодження гранул після пресування.
Techtop / Granulator TMR Series	Вертикальні та горизонтальні гранулятори з системами охолодження та автоматичним контролем параметрів.

Інноваційні підходи включають використання парової обробки та ферментних добавок для підвищення поживної цінності кормів.

Роботизація та автоматизація процесів

Сучасні ферми активно впроваджують роботизовані системи, які забезпечують:

– автоматичне завантаження кормів;
– приготування сумішей за заданими рецептами;

– автономне роздавання кормів.

Ось приклади марок і моделей роботизованих та автоматизованих систем, які забезпечують автоматичне завантаження кормів, приготування сумішей за рецептами та автономне роздавання кормів на сучасних фермах (табл. 3, 4).

Таблиця 3

Роботи-роздавачі корму

Марка / Модель	Основні функції
Lely Juno T4C / Juno 100 / Juno 150	Автономне роздавання корму, робота за програмованими маршрутами, точне дозування порцій.
Trioliet Solomix PRO / Solomix XP 2-1800 / 2-2400	Автоматизовані кормозмішувачі-роздавачі з можливістю програмування рецептів і автоматичного переміщення (опціонально з роботизованим приводом).
Siloking Autocharge & Autoload Systems	Роботизоване завантаження та роздавання корму, інтеграція з SIS (Siloking Information System).
Kuhn Knight Auto Load / Auto Charge	Системи автозавантаження корму та мобільного роздавання із програмованим контролем доз і рецептів.
Triomatic / Trioliet Feeding Robot	Повністю автоматизовані роботи-асистенти з автономним рухом та контролем самих операцій годівлі.

Таблиця 4

Автоматизовані системи приготування і роздавання

Марка / Модель	Функції автоматизації
Siloking Compact & MultiFeed Systems	Інтегровані системи автоматичного змішування, вагового контролю та роздавання кормів.
Trioliet SMART Feeding Systems	Автоматичне формування рецептів, цифровий контроль дози, адаптація по вагових показниках.
Agromaster YK/HK з контролем рецептури	Автоматичні ваги, електронні контролери для програмного змішування і роздавання.
Ak Ziraat Tiremix w/ Automation Pack	Вертикальні / горизонтальні змішувачі з опціональним автоматичним контролем рецептур і передачі даних до головної системи ферми.

Особливості та переваги сучасних систем:

– автоматичне завантаження кормів – роботи або транспортні механізми самостійно

подають компоненти до змішувачів (Siloking Autocharge, Kuhn Auto Load);

– приготування сумішей за заданими рецептами – цифрові контролери зберігають раціони, автоматично коригують дози компонентів за даними вагових сенсорів. (Trioliet SMART, FeedTech SmartFeeder);

– автономне роздавання кормів – роботи мають власну навігацію та програмовані маршрути (Lely Juno), забезпечують регулярність годівлі без участі оператора;

– інтеграція з системами управління фермою – підключення до Farm Management Systems (FMS) або MIS (Management Information Systems) для аналізу ефективності годівлі та оптимізації раціонів у реальному часі.

Роботизовані кормороздавачі можуть працювати за попередньо заданими маршрутами,

що дозволяє забезпечити регулярність і точність годівлі.

Цифрові технології та інтелектуальні системи.

Інтеграція цифрових технологій є одним із ключових напрямів розвитку кормоприготування. Основні складові:

- системи моніторингу в реальному часі;
- інтернет речей (IoT);
- аналіз великих даних (Big Data);
- штучний інтелект.

Такі системи дозволяють:

- оптимізувати рецептури кормів;
- прогнозувати продуктивність тварин;
- виявляти несправності обладнання.

Ось приклади марок, платформ і продуктів, що реалізують цифрові технології та інтелектуальні системи в кормоприготуванні й тваринництві (табл. 5, 6, 7, 8):

Таблиця 5

Системи моніторингу в реальному часі

Марка / Система	Функції
Siloking Information System (SIS)	Моніторинг годівлі, контроль ваги корму, аналітика в реальному часі, дані про використання кормів.
Trioliet Easy-Feed / Smart Feeding Monitor	Збір даних про годівлю, контроль виконання рецептів, графіки роздавання.
Lely T4C (Time for Cattle)	Моніторинг поведінки тварин і годівлі, інтеграція з годівельними роботами, аналітика продуктивності.

Таблиця 6

Інтернет речей (IoT) та мережеві платформи

Марка / Платформа	Особливості
Allflex Livestock Intelligence	Сенсори IoT для моніторингу фізіології і поведінки тварин, віддалений збір інформації.
CowManager / SmartFarm	Датчики у вусі або на тілі тварини, дані в реальному часі про споживання корму та стан здоров'я.

Таблиця 7

Аналіз великих даних (Big Data)

Продукт / Платформа	Можливості
FarmWizard / SmartFarm Manager	Збір та аналіз даних про кормові раціони, продуктивність, поведінку тварин; побудова трендів і прогнозів.
Ceres Tag / AgriWebb Analytics	Інтеграція даних із кормових ліній, автоматів годівлі, систем обліку; Big Data-аналітика для прийняття управлінських рішень.

Таблиця 8

Системи зі штучним інтелектом (AI)

Марка / Рішення	Застосування AI
Cainthus AI Monitoring	Відео-аналіз поведінки тварин (вигул, споживання корму) та прогноз продуктивності.
Connecterra IDA	AI-система для прогнозу продуктивності, стану здоров'я, оптимізації годівлі; автоматизовані рекомендації.
Smartbow / Phileo by Lesaffre	AI-моделі для аналізу поведінкових даних і корекції раціонів на основі стану стада.

Ці системи реалізують:

– системи моніторингу в реальному часі (Siloking SIS, Lely T4C) – дозволяють слідкувати за фактичним використанням кормів, збирання даних про споживання й виконання програм годівлі;

– платформи IoT (Allflex, CowManager) – забезпечують безперервний збір даних із сенсорів на тваринах і в середовищі, доступ до інформації через хмару;

– Big Data сервіси (FarmWizard, AgriWebb) – аналізують великі обсяги даних, дозволяють оптимізувати корми та прогнозувати тренди продуктивності;

– AI рішення (Cainthus, Connecterra) – використовують алгоритми машинного навчання для прогнозування продуктивності, раннього виявлення відхилень та оптимізації годівлі в умовах великих даних.

Енергозберігаючі технології

Сучасні машини для кормоприготування характеризуються зниженим енергоспоживанням за рахунок:

– оптимізації конструкції робочих органів; – використання енергоефективних двигунів;

– автоматичного регулювання навантаження.

Ось приклади марок і моделей машин для кормоприготування, які відзначаються енергозберігаючими технологіями – з оптимізованою конструкцією, енергоефективними приводами та системами автоматичного регулювання навантаження (табл. 9, 10, 11, 12).

Таблиця 9

Енергоефективні кормозмішувачі

Марка / Модель	Енергозберігаючі рішення
Agromaster YK/HK Series	Енергоефективні шнеки та оптимізовані робочі органи; адаптивне регулювання обертів.
AK Ziraat Tiremix Series	Частотно-регульовані приводи для оптимізації енергоспоживання; удосконалена гідродинаміка.
FeedMech Feed Mixers	Низькі енергетичні витрати за рахунок ефективної конструкції шнеків та лопатей.

Таблиця 10

Подрібнювачі та комбіновані агрегати з низьким споживанням енергії

Марка / Модель	Енергозберігаючі рішення
CPM Hammermills (CPM Pellet Masters)	Оптимізовані молоткові роторні блоки для зниження втрат енергії; висока продуктивність при меншому споживанні.
Andritz Feed Grinders	Енергоефективне подрібнення завдяки сучасним роторним системам і понижувальним передачам.
Techtop Feed Grinders	Енергоефективні режими роботи та контроль навантаження двигуна.

Таблиця 11

Гранулятори з енергоефективними приводами

Марка / Модель	Енергозберігаючі рішення
Bühler Pelleting Systems	Синхронні приводи з низькими втратами, оптимізовані матриці для зменшення тиску та енерговитрат.
Wenger Pelleting Lines	Підвищена ефективність передачі та системи автоматичного регулювання параметрів для економії енергії.
AK Ziraat Pelletizers	Частотно-регульовані електроприводи, автоматичне регулювання процесу під навантаженням.

Таблиця 12

Автоматизовані системи з контролем енергоспоживання

Марка / Система	Енергозберігаючі рішення
Siloking Autocharge & Autoload	Система автоматичного регулювання циклів завантаження/роздавання, що знижує непотрібні витрати енергії.
Trioliet SMART Feeding Systems	Автоматичні алгоритми оптимізації роботи приводів і змішувачів для зменшення втрат.
FeedTech SmartFeeder	Інтелектуальні контролери, що автоматично регулюють роботу механізмів у відповідь на навантаження.

Енергозберігаючі технології в цих машинах забезпечує:

– оптимізація конструкції робочих органів – шнеки, лопаті та роторні блоки з підвищеним ККД, що зменшують тертя та енергетичні втрати;

– енергоефективні двигуни та приводи – використання електродвигунів із високим ККД,

частотно регульованих приводів (VFD/ЧРП) для адаптації обертів під навантаження;

– автоматичне регулювання навантаження – системи контролю, які зменшують потужність при низькому навантаженні, уникнення перевантажень, плавний старт/зупинка.

Екологічні аспекти кормоприготування

Інноваційні технології спрямовані на:

- зменшення втрат кормів;
- зниження рівня пилу;
- утилізацію відходів;
- зменшення викидів у навколишнє

середовище.

Ось приклади марок машин та обладнання, що реалізують екологічні аспекти кормоприготування – зменшують втрати кормів, знижують пил, сприяють утилізації відходів та зменшенню викидів (табл. 13, 14, 15):

Таблиця 13

Машини з контролем пилу та мінімізацією втрат корму

Марка / Модель	Екологічні особливості
Fineway Dust-Free Vertical Feed Mixer	Вертикальний кормозмішувач-подрібнювач із системою мінімізації пилу за рахунок герметичного корпусу та пиловловлювання. Це сприяє зменшенню пилу та втрат кормової сировини під час роботи.
Feed Mill Mixer with Dust Collection (різні постачальники)	Багато сучасних змішувачів обладнані інтегрованими системами пиловідсмоктування або фільтрації, що покращує екологію й безпеку праці.

Таблиця 14

Гранулятори з мінімізацією пилу та покращеною екологією

Марка / Модель	Екологічні особливості
CPM Pellet Masters Eco-Friendly Pellet Mills	Сучасні гранулятори з удосконаленими системами формування гранул, що зменшують пилення та втрати корму у процесі виробництва.
Bühler Pelleting Systems with Emission Control	Системи гранулювання з контролем температури та пилового навантаження, що знижують викиди часток у повітря та покращують екологічні показники виробництва.

Таблиця 15

Обладнання та комплекси з утилізацією відходів

Система / Технологія	Функції екологічної утилізації
Системи біоенергетичної переробки відходів	Перетворення органічних відходів (гній, залишки корму) у біогаз або добрива із одночасним нейтралізаційним ефектом (компостування, анаеробне бродіння).
Комплексні рішення Circular Feed Waste Systems	Технології «відходи → ресурс» – переробка відходів кормоприготування у корисні продукти або вторинну сировину.

Підхід до екології на рівні виробничих систем

Сучасне обладнання для кормоприготування розробляється з урахуванням зниження пилу та втрат корму, що не тільки поліпшує умови праці, але й зменшує негативний вплив на повітря у виробничому середовищі.

Використання систем утилізації органічних відходів дозволяє фермерським господарствам зменшити кількість відходів і відходів кормів, переробляючи їх у добрива або енергетичні ресурси.

Технології еко-обладнання спрямовані на мінімізацію негативних викидів у навколишнє середовище та підвищення сталості виробництва кормів.

Ці приклади ілюструють, як сучасні машини та комплекси враховують екологічні аспекти приготування кормів – від контролю пилу й втрат до утилізації відходів фермерських господарств.

Комплексні кормоприготувальні системи

Сучасною тенденцією є створення інтегрованих систем, які поєднують:

- приготування кормів;
- транспортування;
- роздавання;
- контроль процесів годівлі.

Ось приклади марок машин і комплексних систем, що реалізують сучасний підхід до інтегрованих кормоприготувальних систем, які поєднують приготування кормів, транспортування, роздавання та контроль процесів годівлі:

– FeedMech 3 м³ і 4 м³ кормозмішувачі – добре підходять для середніх і великих господарств [9];

– AK Ziraat Vertical & Double Auger Mixers – для точного змішування з різними об'ємами [10].

– Agromaster YK / HK – для ферм з вимогою високої однорідності сумішей [9];

– ТехноМашСтрой «КС» / «Вихор» – універсальні кормозмішувачі для комбикормів [8].

Ось (табл. 16) з технічними характеристиками деяких моделей машин і обладнання для кормоприготування до годування тваринами – із місткістю, потужністю та основними функціями (дані наведені на основі відкритих характеристик моделей).

Таблиця 16

Характеристика деяких моделей машин і обладнання для кормоприготування

Марка та модель	Місткість	Необхідна потужність	Основні функції / особливості
Agromaster YK 1000	10 м ³	80 к.с.	Вертикальний кормозмішувач; приготування однорідних сумішей, опціональні ваги та конвеєр для роздавання [9].
Agromaster YK 1600	16 м ³	80 к.с.	Велика місткість; вертикальна шнекова система; підходить для великих ферм [9].
Agromaster HK 8	8 м ³	60–70 к.с.	Горизонтальний кормозмішувач; висока однорідність суміші; опціональні ваги [9].
Agromaster HK 12	12 м ³	70 к.с.	Горизонтальна конструкція з двома шнеками; великий обсяг для інтенсивних господарств [9].
FeedMech 1.5 м ³ Mixer	1.5 м ³	(не вказано)	Компактний стаціонарний кормозмішувач; підходить для малих/середніх господарств [9].
FeedMech 3 м ³ Mixer	3 м ³	(не вказано)	Середня місткість; ефективне змішування кормів у невеликих господарствах.
FeedMech 4 м ³ Mixer	4 м ³	(не вказано)	Вища місткість із надійною конструкцією та стабільною роботою [9].
AK Ziraat Tiremix-Y 6 м ³	6 м ³	50 к.с.	Горизонтальний кормозмішувач із двома шнеками; цифрові ваги опціонально [10].
AK Ziraat Tiremix-Y 12 м ³	12 м ³	75 к.с.	Горизонтальний двошнековий; великий об'єм, міцна конструкція.
AK Ziraat Tiremix-Y 16 м ³	16 м ³	100 к.с.	Потужна модель для великих ферм; подрібнення й однорідне змішування.
AK Ziraat Tiremix-D 12 м ³	12 м ³	75 к.с.	Вертикальний одномішниковий кормозмішувач із можливістю вагового контролю.
ТехноМашСтрой серія КС	до 4 000 кг	2,2–7,5 кВт	Кормозмішувачі для сухої або зволоженої сировини (менші ферми) [8].
ТехноМашСтрой серія «Вихор»	до 2 000 кг	2,2–7,5 кВт	Для змішування і подачі кормів у подальше обладнання.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що інноваційні технології машин і обладнання для кормоприготування до годування тваринами є визначальним чинником підвищення ефективності сучасного тваринництва. Використання новітніх технічних рішень дозволяє суттєво покращити якість кормів, забезпечити їх оптимальну структуру та збалансованість, що безпосередньо впливає на продуктивність тварин і економічні показники господарств.

Доведено, що впровадження високопродуктивних подрібнювачів, сучасних змішувачів, автоматизованих дозувальних систем і грануляторів забезпечує високу точність виконання технологічних операцій та однорідність кормосумішей. Особливу роль відіграють універсальні кормозмішувачі-роздавачі, які поєднують декілька функцій і дозволяють оптимізувати виробничі процеси.

Встановлено, що застосування автоматизованих і роботизованих систем, а також цифрових технологій (інтернет речей, систем моніторингу, елементів штучного

інтелекту) сприяє підвищенню рівня керованості процесів кормоприготування, зниженню впливу людського фактору та забезпеченню стабільної якості кормів. Водночас використання енергозберігаючих технологій дозволяє скоротити витрати енергоресурсів і підвищити економічну ефективність виробництва.

Разом із тим, визначено низку проблем, що стримують широке впровадження інноваційних технологій, зокрема високу вартість обладнання, потребу у кваліфікованих кадрах, складність інтеграції нових систем у вже існуючі виробничі процеси та недостатній рівень цифрової інфраструктури в окремих господарствах.

Перспективи подальших досліджень у даній галузі доцільно спрямувати на:

розробку інтелектуальних систем управління процесами кормоприготування з використанням технологій штучного інтелекту та машинного навчання;

створення адаптивних машин, здатних автоматично налаштовувати режими роботи відповідно до властивостей кормової сировини;



підвищення енергоефективності обладнання та використання альтернативних джерел енергії;

інтеграцію кормоприготувальних систем у концепцію точного тваринництва;

удосконалення конструкцій робочих органів машин з метою підвищення їх надійності та довговічності;

розробку економічно доступних технологічних рішень для малих і середніх господарств;

дослідження впливу інноваційних способів обробки кормів на продуктивність і здоров'я тварин.

Отже, подальший розвиток інноваційних технологій машин і обладнання для кормоприготування до годування тваринами пов'язаний із комплексною автоматизацією, цифровізацією та інтелектуалізацією виробничих процесів, що забезпечить підвищення конкурентоспроможності аграрного сектору та його сталий розвиток.

Список використаних джерел

1. Юрчук Н. П., Кіпоренко С. С. Цифрові інновації як чинник розвитку кормовиробництва. «Наука і техніка сьогодні» (Серія «Техніка»). 2023. №2 (26) 2023. С. 340-355. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-12\(26\)-340-355](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-12(26)-340-355).

2. Швець С. С., Калина В. С. Мехатронний комплекс для виробництва комбікорму : автоматизація, ефективність, інновації. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. 2025. 15(1), 151-161. <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-25-1-18>.

3. Novitskiy, A., Banniy, O., Novitskiy, Yu., Kharkovskiy, I., & Antal, M. Examination of maintainability indicators of feed preparation and distribution products. *Machinery & Energetics*, 2024. 15(4), 47-57. <https://doi.org/10.31548/machinery/4.2024.47>.

4. José Chelotti, Luciano Martinez-Rau, Mariano Ferrero, Leandro Vignolo, Julio Galli, Alejandra Planisich, H. Leonardo Rufiner, Leonardo Giovanini.. Livestock feeding behaviour: A review on automated systems for ruminant monitoring 2024. 60. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.09259>.

5. Shuai Zhang, Changhua Lai, Jinbiao Zhao, Junjun Wang. *Big Data and AI-Powered Modeling: A Pathway to Sustainable Precision Animal Nutrition* 2025 Sep 26; 12(41):e07564. <https://doi.org/10.1002/adv.202507564>.

6. Petru Alexandru Vlaicu, Mihail Alexandru Gras, Arabela Elena Untea and Mircea Catalin Rotar, Nicoleta Aurelia Lefter. Advancing Livestock Technology: Intelligent Systemization for Enhanced

Productivity, Welfare, and Sustainability. *AgriEngineering* 2024, 6(2), 1479-1496. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020084>.

7. Новицький А., Карабиньош С., Сиволапов В. Машини та обладнання для приготування кормів на тваринницьких фермах (повна версія). *Пропозиція – головний журнал з питань агробізнесу*. 2008. URL: <https://propozitsiya.com/articles/mashyny-ta-obladnannya-dlya-pryhotuvannya-kormiv-na-tvarynnytskykh-fermakh-povna-versiya>.

8. Продукція ТехноМашСтрой: виробник сільськогосподарського обладнання: гранулятори, екструдери, подрібнювачі // mkukraine.com.ua. URL: <https://mkukraine.com.ua/> (дата звернення: 01.04.2026).

9. Professional Feed Mixer Machines. TMR & Vertical Mixers // *FeedMech*. URL: <https://www.feedmech.com/> (дата звернення: 01.04.2026).

10. Feed Mixers // *Ak Ziraat*. URL: <https://akziraat.com.tr/en/products/feed-mixers> (дата звернення: 01.01.2026).

References

1. Yurchuk, N. P., & Kiporenko, S. S. (2023). Tsyfrovi innovatsii yak chynnyk rozvytku kormovyrobnytstva [Digital innovations as a factor in feed production development]. *Nauka i tekhnika sohodni (Seriiia "Tekhnika")*, 2(26), 340–355. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-12\(26\)-340-355](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-12(26)-340-355) [in Ukrainian].

2. Shvets, S. S., & Kalyna, V. S. (2025). Mekhatronnyi kompleks dlia vyrobnytstva kombikormu: avtomatyzatsiia, efektyvnist, innovatsii [Mechatronic complex for compound feed production: automation, efficiency, innovations]. *Naukovyi visnyk Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu*, 15(1), 151–161. <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-25-1-18> [in Ukrainian].

3. Novitskiy, A., Banniy, O., Novitskiy, Yu., Kharkovskiy, I., & Antal, M. (2024). Examination of maintainability indicators of feed preparation and distribution products. *Machinery & Energetics*, 15(4), 47–57. <https://doi.org/10.31548/machinery/4.2024.47> [in English].

4. Chelotti, J., Martinez-Rau, L., Ferrero, M., Vignolo, L., Galli, J., Planisich, A., Rufiner, H. L., & Giovanini, L. (2024). Livestock feeding behaviour: A review on automated systems for ruminant monitoring. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.09259> [in English].

5. Zhang, S., Lai, C., Zhao, J., & Wang, J. (2025). Big data and AI powered modeling: A pathway to sustainable precision animal nutrition.



Advanced Science, 12(41), e07564. <https://doi.org/10.1002/adv.202507564> [in English].

6. Vlaicu, P. A., Gras, M. A., Untea, A. E., Rotar, M. C., & Lefter, N. A. (2024). Advancing livestock technology: Intelligent systemization for enhanced productivity, welfare, and sustainability. *AgriEngineering*, 6(2), 1479–1496. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020084> [in English].

7. Novytskyi, A., Karabynosh, S., & Syvolapov, V. (2008). Mashyny ta obladnannia dlia pryhotuvannia kormiv na tvarynnytskykh fermakh (povna versiya) [Machines and equipment for feed preparation on livestock farms (full version)]. *Propozytsiia – holovnyi zhurnal z pytan ahrobiznesu*. Retrieved from <https://propozitsiya.com/articles/mashyny-ta-obladnannya-dlya-pryhotuvannya-kormiv-na-tvarynnytskykh-fermakh-povna-versiya> [in Ukrainian].

8. TekhnoMashStroi. (2026). Produktsiia TekhnoMashStroi: vyrobnyk silskohospodarskoho obladnannia: hranuliatory, ekstrudery, podribniuvachi [Products of TechnoMashStroy: manufacturer of agricultural equipment: pelletizers, extruders, crushers]. Retrieved April 1, 2026, from <https://mkukraine.com.ua/> [in Ukrainian].

9. FeedMech. (2026). *Professional feed mixer machines. TMR & vertical mixers*. Retrieved April 1, 2026, from <https://www.feedmech.com/> [in English].

Ak Ziraat. (2026). *Feed mixers*. Retrieved January 1, 2026, from <https://akziraat.com.tr/en/products/feed-mixers> [in English].

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF MACHINES AND EQUIPMENT FOR FEED PREPARATION

The article examines modern innovative technologies of machines and equipment for feed preparation and delivery to animals as a key factor in improving the efficiency of the livestock industry. The importance of mechanized and automated feed preparation processes is substantiated, as they ensure the optimal structure, nutritional value, and digestibility of feed mixtures in accordance with the physiological requirements of different animal species and production groups. The main

technological operations of feed preparation, including grinding, dosing, mixing, pelleting, transportation, and feed distribution, are analyzed, and their influence on the quality of the final product and animal productivity is determined.

Special attention is paid to innovative machine designs such as universal feed mixer-distributors, high-performance next-generation grinders, automated dosing systems, and compound feed pelletizers, which make it possible to achieve high homogeneity of feed mixtures and minimize nutrient losses. The implementation of mechatronic systems integrating mechanical, electronic, and information components for precise control of technological processes is considered. The role of digital technologies, including automated control systems, the Internet of Things (IoT), and elements of artificial intelligence, in improving dosing accuracy, monitoring equipment operating parameters, and optimizing machine operating modes is highlighted.

The paper also analyzes the advantages of using robotic feed distribution systems, which ensure autonomy, reduce labor costs, and improve feeding accuracy. Particular attention is given to energy-saving technologies aimed at reducing energy consumption and increasing the economic efficiency of feed production. The main challenges associated with the implementation of innovative technologies are identified, including the high cost of equipment, the need for qualified personnel, and the necessity of modernizing existing infrastructure.

It is concluded that the application of innovative technologies in the field of feed preparation and delivery to animals contributes to improving feed quality, reducing the production cost of livestock products, enhancing animal welfare conditions, and ensuring the sustainable development of agro-industrial production. Prospects for further research are associated with the development of intelligent control systems, the integration of digital platforms, and the implementation of precision livestock farming technologies.

Keywords: *innovative technologies, feed preparation machines, animal feeding equipment, automation, feed mixers, dosing systems, feed pelleting, robotic systems, digital technologies, energy efficiency, precision livestock farming, mechatronics, feed quality, animal productivity.*

Відомості про авторів

Грушецький Сергій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії та точного землеробства імені Михайла Самокиша Заклад вищої освіти «Подільський державний університет» (м. Кам'янець-Подільський, вул. Шевченка, 12, e-mail: g.sergiy.1969@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0487-6152>).

Підлісний Віталій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції Заклад вищої освіти «Подільський



державний університет» (м. Кам'янець-Подільський, вул. Шевченка, 12, e-mail: v.pidlisnyj37@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4718-7787>).

Курка Віталій Петрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка НУБіП України (м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, e-mail: kurka@nubip.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-1247-6770>).

Фльонц Олег Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри машиновикористання та технологій в сільському господарстві ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут» (м. Бережани, вул. Академічна, 20, <https://orcid.org/0009-0004-5885-3708>).

Serhii Hrushetskyi – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Mykhailo Samokysch Department of Agroengineering and Precision Agriculture, State Agrarian and Engineering University in Podilya (12 Shevchenka St., Kamianets-Podilskyi, e-mail: g.sergiy.1969@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0487-6152>).

Vitaliy Pidlisnyj – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technologies of Production and Standardization of Food Products, Higher Educational Institution «Podillia State University» (12 Shevchenka St., Kamianets-Podilskyi, e-mail: v.pidlisnyj37@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4718-7787>).

Vitalii Kurka – PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Agricultural Machines and System Technologies named after Academician P.M. Vasylenko, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony, Kyiv, e-mail: kurka@nubip.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-1247-6770>).

Oleh Flonts – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Machinery Use and Technologies in Agriculture, Separate Structural Subdivision of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Berezhany Agrotechnical Institute" (20 Akademichna Str., Berezhany, <https://orcid.org/0009-0004-5885-3708>).

Стаття надійшла 27.04.2026

Стаття прийнята 11.05.2026

Опубліковано 28.05.2026