



Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI:10.37128/2520-6168-2023-4

Machinery
Energetics
Transport
of Agribusiness



ТЕХНІКА
ЕНЕРГЕТИКА
ТРАНСПОРТ АПК



Всеукраїнський науково-технічний журнал

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

№ 4 (123) / 2023

м. Вінниця - 2023

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» /
Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2023. № 4 (123). С. 148.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету
(протокол № 7 від 02.12.2023 р.)*

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

*Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань
України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України
від 02.07.2020 року №886);*

- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);

- індексується в CrossRef, Google Scholar;

- індексується в міжнародній наукометричній базі [Index Copernicus Value](#) з 2018 року.

Головний редактор

Токарчук О.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Веселовська Н.Р. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Відповідальний секретар

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., професор, академік НААН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Солоня О.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Граняк В.Ф. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Спірін А.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іванчук Я.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

Твердохліб І.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет

Цуркан О.В. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Купчук І.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Яропуд В.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

Йордан Максимов – д.т.н., професор, Технічний університет Габрово (Болгарія)

Аудріус Жунда – к.т.н., доцент, Університет Вітовта Великого (Литва)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет,
тел. (0432) 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: pophv@ukr.net



ЗМІСТ

I. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ*Калетнік Г.М., Полєвода Ю.А., Токарчук О.А.***ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОГО ЗНЕВОДНЕННЯ ВІДХОДІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ШЛЯХОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ 5***Макаренко Д.О., Деркач О.Д., Говоруха В.Б., Веселовська Н.Р.***МОДЕРНІЗАЦІЯ РУХОМИХ З'ЄДНАНЬ СЕКЦІЙ ПОСІВНОГО КОМПЛЕКСУ 12***Nataliia Veselovska, Artem Kosakivskyi, Vitaliy Romanov***INNOVATIVE METHODS OF EXPANDING THE FUNCTIONAL CAPABILITIES OF THE SINGLE-SPINDLE LATHE 21***Паладійчук Ю.Б., Телятник І.А.***АЛГОРИТМ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ДЕФОРМАЦІЄЮ 31***Солона О.В., Скоромна О.І., Огороднічук Г.М.***ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА 43***Serhiy Shargorodskiy, Dmutro Kondratuk***STUDY OF THE KINEMATICS OF THE POSITIONING MECHANISMS OF WIDE-GRIP MACHINE-TRACTOR UNITS 51****II. АГРОІНЖЕНЕРІЯ***Гриценко О.П., Степаненко С.П.***ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ РОЗМІРНОСТЕЙ І ПОДІБНОСТІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИМЕТРИЧНОЇ ДИСКОВОЇ БОРОНИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ 62***Дудін В.Ю., Білоус І.М.***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСКОВОГО ПОДРІБНЮВАЧА ЗЕРНА 71***Єленич А.П.***ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ КОМПАНІЇ NEW HOLLAND 78***Павленко С.І.***ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ВАРІАНТІВ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПРИГОТУВАННЯ КОМПОСТНОЇ СУМІШІ 89***Рябошанка В.Б.***СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПЕРЕХОДУ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ НА БІОДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО 97***Холодюк О.В., Твердохліб І.В., Кузьменко В.Ф.***ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙ СУЧАСНИХ ВІЗКІВ-ПІДБИРАЧІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇХ РОБОТИ ПРИ ЗАГОТІВЛІ СТЕБЛОВИХ КОРМІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОПОЖИВНОЇ БІЛКОВО-ВІТАМІННОЇ ПАСТИ ТА ЖОМУ 106****III. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА***Возняк О.М., Штуць А.А., Булига А.І., Харченко Р.Є.***ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ НАВИГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ СІЛЬСЬКО-ГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН З УРАХУВАННЯМ УМОВ ОБМЕЖЕНОЇ ВИДИМОСТІ 120***Leonid Sereda, Ludmila Shvets, Olena Trukhanska, Volodymyr Shkuta***WOOD WASTE PROCESSING AS AN ALTERNATIVE FUEL ECONOMY 132***Svetlana Kravets***OPTIMIZATION OF ENERGY-EFFICIENT PROCESSES IN THE PRODUCTION AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS 141**



CONTENTS

I. APPLIED MECHANICS. MATERIALS SCIENCE. INDUSTRY MACHINERY BUILDING*Grygorii Kaletnik, Yurii Polievoda, Oleksii Tokarchuk***STUDY OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MECHANICAL DEHYDRATION OF FOOD PRODUCTION WASTE THROUGH MATHEMATICAL MODELING..... 5***Dmytro Makarenko, Oleksii Derkach, Volodymyr Govorukha, Nataliia Veselovska***MODERNIZATION OF MOVEABLE CONNECTIONS OF THE SECTION OF THE SOWING COMPLEX..... 12***Nataliia Veselovska, Artem Kosakivskiy, Vitaliy Romanov***INNOVATIVE METHODS OF EXPANDING THE FUNCTIONAL CAPABILITIES OF THE SINGLE-SPINDLE LATHE..... 21***Yuri Paladiychuk, Inna Telyatnik***ALGORITHM FOR EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HYDROIMPULSE DEVICE FOR STRENGTHENING PARTS BY DEFORMATION..... 31***Olena Solona, Oksana Skoromna, Haluna Ohorodnichuk***APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF ANIMAL HUSBANDRY.. 43***Serhiy Shargorodskiy, Dmutro Kondratuk***STUDY OF THE KINEMATICS OF THE POSITIONING MECHANISMS OF WIDE-GRIP MACHINE-TRACTOR UNITS..... 51****II. AGROENGINEERING***Oleksandr Gritsenko, Serhii Stepanenko***APPLICATION OF THE THEORY OF DIMENSIONS AND SIMILARITY TO DETERMINE THE PARAMETERS AND OPERATION MODES OF AN ASYMMETRICAL DISK HROW FOR SOIL PROCESSING..... 62***Volodymyr Dudin, Illia Bilous***EXPERIMENTAL DEVELOPMENT OF DISC GRAIN MILL..... 71***Anatoliy Yelenych***GRAIN HARVESTER COMBINED BY NEW HOLLAND..... 78***Sergii Pavlenko***JUSTIFICATION OF RATIONAL OPTIONS FOR APPLICATION OF TECHNICAL MEANS FOR THE PREPARATION OF COMPOST MIXTURE..... 89***Vadim Ryaboshapka***CURRENT STATUS AND PROSPECTS OF SCIENTIFIC RESEARCH ON THE TRANSITION OF DIESEL ENGINES TO BIODIESEL FUEL..... 97***Oleksandr Kholodiuk, Igor Tverdokhlib, Volodymyr Kuzmenko***CHARACTERISTICS OF THE DESIGNS OF MODERN PICK-UP TRUCKS AND EFFICIENCY OF THEIR WORK IN THE PROCUREMENT OF STEM FORAGE FOR THE PRODUCTION OF HIGHLY NUTRITIONAL PROTEIN-VITAMIN PASTE AND PULLEY..... 106****III. ELECTRICAL ENERGY, ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTROMECHANICS***Oleksandr Vozniak, Andrii Shtuts, Andrii Bulyha, Roman Kharchenko***RESEARCH AND IMPROVEMENT OF THE IMAGE PROCESSING PROCESS OF THE NAVIGATION SYSTEM OF AGRICULTURAL MACHINERY TAKING INTO ACCOUNT CONDITIONS OF LIMITED VISIBILITY..... 120***Leonid Sereda, Ludmila Shvets, Olena Trukhanska, Volodymyr Shkuta***WOOD WASTE PROCESSING AS AN ALTERNATIVE FUEL ECONOMY..... 132***Svetlana Kravets***OPTIMIZATION OF ENERGY-EFFICIENT PROCESSES IN THE PRODUCTION AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS..... 141**



УДК: 637.03

DOI: 10.37128/2520-6168-2023-4-5

ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА

Солона Олена Василівна, к.т.н., доцент
Скоромна Оксана Іванівна, к.с.-г.н., доцент
Огороднічук Галина Михайлівна, к.с.-г.н., доцент
Вінницький національний аграрний університет

Olena Solona Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Oksana Skoromna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Haluna Ohorodnichuk, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Vinnytsia National Agrarian University

У сучасному світі використання цифрових технологій та автоматизації у сільському господарстві стає все більш поширеним. Як показують результати підрахунків ООН, до 2050 року чисельність населення світу може становити 9,7 мільярда, а вже у 2080 році досягне свого піку з кількістю в 10,4 мільярда людей, тому значно зростатиме попит на продукти харчування. Одним з можливих рішень, щоб задовільнити даний попит, є розвиток та активне впровадження цифрових технологій у тваринництво. Сучасні цифрові технології перетворюють тваринництво, та надають нові можливості фермерам. Однією з галузей, яка найбільше користується автоматизацією є точне тваринництво.

Точне тваринництво представляє собою сільське господарство яке використовує технології для моніторингу і управління худобою з ефективністю та стійкістю. Використовуючи автоматизацію на базі штучного інтелекту фермери можуть збирати дані про свою худобу, такі як інформація про стан здоров'я та харчування в режимі реального часу. Отриману інформацію в подальшому можна використовувати для прийняття обґрунтованих рішень щодо догляду та управління тваринами.

Завдяки цифровим технологіям фермери мають змогу вдосконалювати та оптимізувати методи нагляду за худобою. Наприклад, за станом здоров'я та самопочуттям тварин можна стежити за допомогою дронів, камер і датчиків зі штучним інтелектом, які можуть сповіщати людину про можливі проблеми. Крім цього, можна використовувати штучний інтелект для прийняття рішень щодо стратегії розведення та годівлі тварин, відстежуючи продуктивність окремих тварин.

Можливість штучного інтелекту (ШІ) революціонізувати точне тваринництво стає дедалі очевиднішою. Застосування роботів на фермах допомагає покращити відстеження продукції. За допомогою датчиків, керованих штучним інтелектом, можна контролювати стан і місцезнаходження (і навіть ідентифікувати) тварин, щоб забезпечити якість і безпеку продукції, та підвищити стабільність вироцунвання худоби.

***Ключові слова:** цифрові технології, штучний інтелект, точне тваринництво, автоматизація, підвищення продуктивності тварин, роботизація ферми, технологічний процес, моделювання.*

Рис. 7. Літ. 8.

1. Постановка проблеми

На сьогоднішній день світ постійно змінюється, промисловість адаптується до нових умов і аграрний сектор не виняток. Застосування цифрових технологій в аграрній галузі є вкрай актуальним питанням, оскільки сучасний розвиток технологій має вплив на усі сфери життя, включаючи сільське господарство.

Впровадження автоматизації та штучного інтелекту може сприяти зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище для фермерів. ШІ-програми які автоматизують процеси у тваринництві можуть допомогти фермерам зменшити свою залежність від викопного палива та інших ресурсів. Автоматизація може сприяти зменшенню використання води, надаючи реальні дані щодо здоров'я та харчування худоби.

Тваринництво може отримати багато переваг від використання цифрових технологій. В першу чергу це допомагає зменшити витрати на оплату праці фермерів шляхом автоматизації таких завдань як годування та доїння. Зокрема, надання інформації про харчування та стан здоров'я тварин у режимі реального часу допомагає фермерам покращити свою діяльність. Отримана інформація може допомогти прийняти обґрунтовані рішення щодо догляду за тваринами, що призведе до отримання здорових і високопродуктивних тварин.



2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз інформаційних джерел показує, що на сьогоднішній день цифрові технології у тваринництві мають багато переваг [1]. Сучасні комп'ютери здатні працювати зі значними масивами даних та аналізувати інформацію набагато швидше ніж людина. Саме тому, аби мати змогу керувати такими процесами постає питання в застосуванні сучасного цифрового обладнання.

Використання цифрових технологій та штучного інтелекту приваблює вчених з різних куточків світу, в тому числі й України. Серед українських вчених дослідженню аспектів цифрової трансформації галузі тваринництва присвятили свої роботи дослідники: Ю. Волощук [2], Ю. Ярмоленко [3], О. Височук [4], Ю. Лисенко, О. Кравченко (та інші), які займаються створенням інформаційних технологій для підтримки процесів прийняття рішень у сільському господарстві, розробкою інтелектуальних систем управління сільськогосподарською технікою та вивчають використання штучного інтелекту для вирішення завдань у галузі тваринництва. Крім того, досліджують застосування штучного інтелекту в агроінженерії, зокрема в автоматизації процесів сільськогосподарського виробництва.

3. Мета дослідження

Метою статті є аналітичний огляд актуальності застосування цифрових технологій в галузі тваринництва, зосередження на перевагах, недоліках і складнощах запровадження автоматизації на сьогоднішній день.

4. Виклад основного матеріалу

Розвиток цифрових технологій в тваринництві розширює можливості фермерів у підтримці індивідуального контакту з тваринами, особливо в умовах зростаючої інтенсифікації. Даний процес сприяє підвищенню продуктивності господарства, зменшенню витрат на експлуатацію та забезпеченні надійних та точних даних для ефективного управління та планування [5]. Цифрові технології включають в себе впровадження штучного інтелекту, роботів та дронів в господарствах.

Сільськогосподарські безпілотні літальні апарати (дрони) стають все більш популярним інструментом на сільськогосподарських фермах, пропонуючи різноманітні можливості для полегшення роботи фермерів. Використання дронів, обладнаних системами штучного інтелекту, включає відстеження рухів тварин, підрахунок чисельності великої рогатої худоби та огляд периметра. Таким чином, брати фермери Пол і Деклан Бреннани (Ірландія) використовують БПЛА щоб пасти овець. Запускаючи безпілотний літальний пристрій на невелику висоту, та за допомогою звукових команд, що видаються з динаміка літального пристрою, направляють отару в заданому напрямку. Дрон-пастух виконує функції не лише направлення та нагляду, але також забезпечує захист: відганяє лисиць гучним гавкотом з неба і відстрашує хижих птахів. Завдяки вбудованому тепловізору злодій чи хижак не зможе непомічено наблизитись до отари. Отже, в сфері тваринництва можливе використання дронів для охорони, відлякування людей або інших тварин, а також для доставки ветеринарних препаратів. Найпопулярнішими моделями дронів, що використовуються в сільському господарстві, є SenseFly eBee SQ, PrecisionHawk, Honeycomb AgDrone та DJI Matrice 100. Майбутнє використання дронів в агросекторі обіцяє бути дуже перспективним. За прогнозами Global Market Insights обсяг ринку аграрних безпілотників до 2025 року перевищить \$1 мільярд та складе 200 тисяч одиниць. Подальший розвиток аграрних технологій буде стимулювати зростанню попиту на дрони.

Зараз набувають популярності польотні симулятори для підготовки майбутніх операторів які зможуть керувати різними типами дронів. Компанія ForgeFx Simulator займається розробкою саме таких віртуальних симуляторів. Одним із їхніх проєктів стала симуляція свиноферми, що реалізовується на основі зібраних даних із реального світу. На екрані планшета чи безпосередньо на дисплеї VR-окулярів (віртуальної гарнітури) відображається інформація про те, що вашій базі чи штучному інтелекту відомо про об'єкт у полі зору. Це може бути інформація про захворювання тварини, основана на аналізі її зовнішнього вигляду, або просто номер телефону найближчого ветеринара. Доповнену реальність можна використовувати для дистанційної форми освіти, кваліфікованої допомоги спеціалістів, використання інструкцій для роботи з обладнанням у полі зору. Однак для створення такої доповненої реальності потрібні зусилля не одного десятка спеціалістів та велика кількість попередньо виконаної роботи.

На українських теренах нині реалізується проєкт використання штучного інтелекту в галузі свинарства. Компанія Intelligent farm B.V., що діє на підприємстві «Тернопільський бекон» планує впровадження мережі, яка включатиме 130 відеокамер, спрямованих на застосування штучного інтелекту.

Загалом ця система дозволить ідентифікувати і відстежувати тварин, проводити безпечне зважування, виявляти хворих особин, підвищувати ефективність кормів та оцінювати продуктивність праці персоналу.

ForgeFx Simulations спеціалізується на розробці віртуальних симуляторів, серед яких є і проєкт, присвячений моделюванню свиноферми (Рис. 1). Розробники відмічають, що ця симуляція призводить до значного повернення інвестицій, оскільки вона сприяє підвищенню продуктивності працівників. Використання моделей робочих місць дозволяє здійснювати навчання та тестування процедур, що базуються на реальних аспектах роботи ферми. Важливо відзначити, що весь цей процес відбувається у безпечному віртуальному середовищі, де помилки стають можливістю для навчання, уникаючи таким чином витрат на виправлення дорожніх помилок.



Рис. 1. Симуляція свиноферми компанії ForgeFx Simulations

Використання цифрових технологій у галузі молочного скотарства також дозволяє зменшити трудові витрати на виробництво 100 кг молока до 1 люд.-год., що в свою чергу призводить до досягнення рівня рентабельності 40% [6]. Автоматизація годівлі, доїння або ж відстеження тварин дає змогу фермерам підвищити ефективність своєї діяльності та значно зменшити витрати на робочу силу. В даний час на ринку представлені різноманітні автоматизовані системи годівлі великої рогатої худоби, що відрізняються за призначенням, рівнем автоматизації та технічною складністю. Загалом можна систематизувати роботизовані системи годівлі таким чином (Рис. 2).

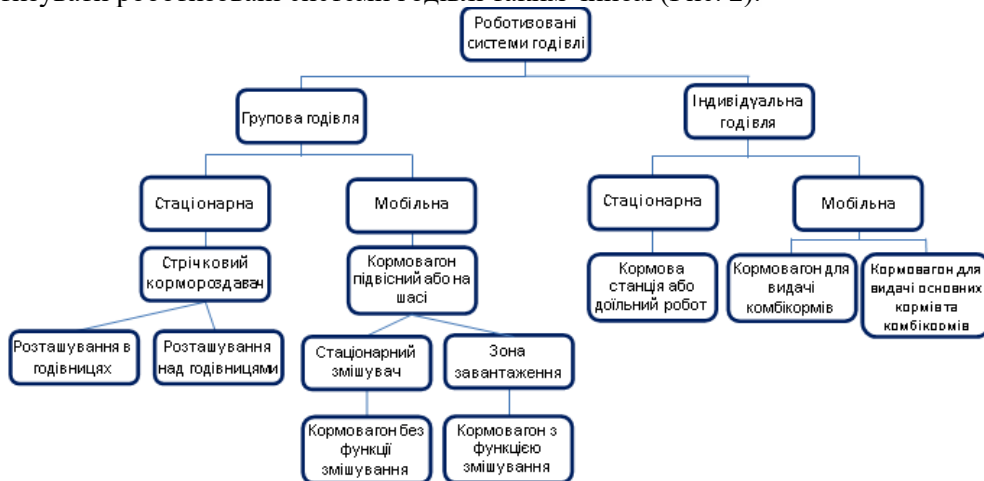


Рис. 2. Роботизована система годівлі

Однією з автоматизованих систем годівлі є система MixFeeder (Рис. 3) оснащена бездротовим інтегрованим управлінням (WIC). Призначення даної системи є годівля корів свіжоприготовленим, точно дозованим раціоном 24 години на добу.

MixFeeder з WIC характеризується високоякісними кормовими сумішами з використанням стаціонарних змішувачів, точним груповим годуванням із конкретними вимогами, високопродуктивними та здоровими коровами, гнучким робочим середовищем та ефективними процесами, простим та ефективним управлінням кормами, яке необхідне фермерам. Вся інформація відображається безпосередньо на дисплеї та за допомогою оновлення статусу на смартфоні «розумні» та оптимальні маршрути годування.

Незалежно від складу тваринного скоту (це високопродуктивні корови, нелактуючі корови, телята чи бики), програмне забезпечення MixFeeder WIC дає можливість налаштувати склад і обсяги кормів для кожної групи тварин, а також зручно планувати їх подачу з комп'ютера. Це забезпечує точно збалансоване харчування для кожної групи тварин. Чітко виміряні раціони, які подаються з

регулярністю протягом доби сприяють активності тварин і допомагають їм отримувати максимальну користь з кормів. Це поліпшує загальний стан здоров'я корів, зменшує потребу у лікуванні, підвищує молочну продуктивність і покращує якість молока.

Навіть при автоматизованому процесі в корівнику програмне забезпечення WIC (доступне через ПК, сенсорний екран або смартфон) забезпечує користувача постійним оновленням статусу подій, незалежно від їх місця перебування.

Автоматизовані системи доїння вважаються одним із найбільш значущих технологічних досягнень у молочній промисловості через їхню здатність знижувати негативний вплив людського фактора, такого як помилки під час доїння та мікробіологічне забруднення, на якість отриманого молока. Перші системи автоматизованого доїння виникли в Нідерландах у 1992 році. Поступово автоматизовані системи доїння стали загальноприйнятною технологією та стандартною практикою в галузі доїння.



Рис 3. Автоматизована система годування Mix Feed

На сьогоднішній день автоматизація включає в себе навіть контроль входу та виходу корів, що дозволяє зменшити потребу у робочій силі, сприяє збільшенню надоїв, частоти доїння, якості молока та загального благополуччя тварин.

Розробка автоматизованих доїльних залів пов'язана з проблемою масового доїння дійних корів. Найпоширенішим типом статичної конфігурації є паралельний доїльний зал (Рис. 4а), який дозволяє відкритий вхід та вихід тварин на платформу, що підходить для тільних корів та великих порід. Основною перевагою ротаційних доїльних залів (Рис. 4б) є платформа яка обертається, що дозволяє працівникам обмежити ходьбу, зменшити відстань руху корів та забезпечити високу пропускну здатність і швидкий вхід тварин.



a

б

**Рис. 4. Типи доїльних залів: а – паралельний доїльний зал Midiline, Delaval, Швеція;
б – ротаційна доїльна зала HBR, Delaval, Швеція**

На сьогоднішній день існують 3 основні типи автоматизованих доїльних установок: промислові роботизовані доїльні установки, інтегровані доїльні установки та автоматичні роторні системи. Ці системи дають змогу автоматизувати кожний етап самого процесу доїння і керування тваринами, а також призводять до скорочення трудовитрат на фермі шляхом використання роботизованої руки (Рис. 5), що приєднує та від'єднує доїльні стакани до вимені без втручання людини.

Проте високі витрати на закупівлю імпортованих роботів (високі процентні ставки за кредитами, тривалий термін окупності в галузі молочного тваринництва) відображаються на високих витратах при впровадженні систем доїння [7]. Це призводить до збільшення загальних витрат на виробництво молочної продукції та не завжди компенсується зменшенням витрат на заробітну плату через зменшення кількості працівників. Автоматизовані системи роботів не можуть ефективно працювати з "нестандартними" коровами, вони не можуть обслуговувати корів у яких задні соски дуже близько один до одного, також ускладненими для них є корови з вим'ям низької висоти, що становить від 10% до 20% від загальної кількості тварин.



Рис. 5. Роботизована рука для доїння

Ефективність годівлі тварин значною мірою залежить від вирішення проблеми розподілу кормів. Від 25 до 35% всіх витрат праці на виробництво молока або м'яса витрачається на цей процес. Таким чином, вдосконалення технології годівлі визначено як одне з ключових завдань для сільськогосподарських підприємств.

Відомо, що високопродуктивна корова яка має живу вагу 650 кг під час піку лактації може споживати в середньому до 25 кг сухої речовини корму та виробляти 38-40 л молока при щогодинному підгортанні корму. Основні переваги використання роботизованих підрівнювачів-підгортачів включають:

1. Збільшення продуктивності через стимулювання поїдання кормів.
2. Зменшення витрат кормів при згодовуванні в середньому на 75%.
3. Підвищення активності корів.
4. Забезпечення рівномірності якості корму під час згодовування.
5. Зниження трудомісткості процесу годівлі.

Одним із найефективніших рішень для цієї технологічної задачі є використання австрійського робота підгортача Butler Gold (Рис. 6) з запатентованим спіральним шнеком.



Рис. 6. Робот підгортач Butler Gold

Даний робот, під час процесу підгортання, не тисне на корм як це зазвичай відбувається при класичному підгортанні. Замість цього відбувається процес змішування сортованого та пересушеного корму зі свіжим, що зумовлює збільшення споживання сухої речовини корму принаймні на 1 кг. Це призводить до додаткового доїння молока від корови в розмірі 1-1,6 літра щоденно. Для виконання підгортання використовується транспортний шнек, який подає корм на кормовий стіл у розпушеному вигляді, постійно перемішуючи його і не залишаючи слідів. Butler Gold може здійснювати до 30 самостійних виїздів щодня, що забезпечує обслуговування до 800 корів.

В даний час поняття впровадження винахідницьких автоматизованих рішень у тваринництві відоме як розумна, або ж інтелектуальна ферма (Smart Farm). Використовуючи передові технології, такі як максимальна автоматизація та роботизація, Smart Farm надає фермерам необхідні інструменти та вплив для підвищення продуктивності виробництва, а також забезпечує кращу якість продукції.

Smart Farm — це комплексна основа для ефективного управління виробництвом яка складається з 8 окремих частин взаємопов'язаного технологічного циклу (Рис. 7), а саме:



1. Ефективне управління стадом, що базується на використанні інформаційних систем підтримки прийняття рішень та надає можливість відстежувати показники годування, доїння та відтворення тварин в реальному часі.
2. Удосконалення умов утримання тварин, включаючи будівництво сучасних приміщень для них.
3. Оптимізація годівлі тварин за допомогою спеціальних програм для складання збалансованих раціонів та автоматизованої роздачі кормів.
4. Автоматизація та роботизація основних технологічних процесів для зменшення виробничих витрат та збільшення прибутковості.
5. Підвищення якості продукції за допомогою передових технологій, що забезпечують конкурентність на ринку та кращі ціни закупівель.
6. Догляд за станом здоров'я тварин через створення комфортних умов утримання, контроль мікроклімату та своєчасний ветеринарний догляд.
7. Екологічно безпечне виробництво, включаючи видалення та переробку органічних відходів для покращення гігієни утримання тварин та зниження вмісту аміаку й азотистих газів.
8. Інтеграція виробничих процесів з урахуванням особливостей виробництва та напряму продуктивності.



Рис. 7. Інноваційна концепція Smart Farm

Концепція Smart Farm в Україні вважається перспективною для розвитку тваринництва, оскільки вона сприяє полегшенню роботи фермерів, враховує потреби та фізіологію тварин, покращує контроль та управління виробництвом, що в результаті призводить до отримання високоякісної продукції. З метою успішної імплементації цієї концепції необхідним є залучення підтримки від держави для створення нових сільськогосподарських господарств з використанням інноваційних технологій, реконструкція існуючих споруд, проведення селекційної роботи для створення високопродуктивних порід, підготовка кваліфікованих спеціалістів для роботи з інноваційними системами та проведення наукових досліджень з метою виявлення нових інноваційних рішень.

Останні досягнення в моніторингу здоров'я тварин за допомогою штучного інтелекту дають фермерам розширені можливості вчасно виявляти перші ознаки захворювань та травм і швидко реагувати на них ефективним способом. Це сприяє значному зниженню використання антибіотиків, інших лікарських засобів і покращенню благополуччя тварин. Застосування штучного інтелекту для моніторингу також дає можливість розуміти поведінку тварин, задля вчасного виявлення та розв'язку можливих проблем ще до того, як вони стануть серйозними.

Більш того, використання штучного інтелекту для моніторингу стану здоров'я тварин може сприяти оптимізації виробничих процесів фермерського господарства і зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище [4]. Подача актуальної інформації про здоров'я та благополуччя тварин дозволяє фермерам визначати області неефективності та вносити корективи у свої методи виробництва з метою скорочення втрат та викидів.

Незважаючи на існуючі обмеження у технологіях та інфраструктурі, тваринницька промисловість повинна активно впроваджувати нову технологічну революцію. Крім того, інженерна спільнота повинна бути орієнтована на зрозуміння потреб точного тваринництва для подальшого удосконалення пристроїв та інструментів для більш ефективного використання їх в реальних умовах.

5. Висновки

Нині технології моніторингу здоров'я тварин, їх годування, доїння та розведення за допомогою цифрових технологій тільки починають вивчатись, та мають величезний потенціал. Оскільки вони продовжують розвиватись та впроваджуватись, усі переваги їх застосування представляються для



ознайомлення фермерам, що призведе до більш стійких та ефективних методів виробництва. При належному вкладенні інвестицій в дані технології, які керуються штучним інтелектом, точне тваринництво має багатообіцяюче майбутнє.

Навіть при існуванні більше ніж 45 тисяч фермерських господарств в Україні, лише 10% з них впроваджують сучасні технології в свою господарську діяльність. Високі витрати на технічні засоби є основною перешкодою для повної автоматизації тваринництва. Щоб фермери могли використовувати цю технологію, вона повинна коштувати менше, ніж оплата праці, заощаджуючи робочий час і кошти, і мати таку вартість, яка дозволить окупити інвестиції в прийнятний період часу. Ще одним стримуючим фактором є нестача фахівців, які мають відповідні знання та навички задля впровадження цифрових технологій. Щоб реалізувати план цифрової трансформації, необхідно залучити велику кількість спеціалістів із машинного навчання, робототехніки та великих даних. З'явиться потреба закупівлі дорогого цифрового обладнання, та у обробці величезних обсягів даних, що призведе до значного збільшення енергетичних витрат.

Список використаних джерел

1. Солоня О. В. Застосування сучасних мехатронних систем та роботизованих комплексів у АПК України. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. № 3 (110). С. 71–76.
2. 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. Т. 45. № 3. С. 57–71.
3. Поляков О. Штучний інтелект в агровиробництві. Інноваційні розробки в аграрній сфері. *Молодь і технічний прогрес в АПВ : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. Том 2. Харків : ХНТУСГ, 2021. С. 408–409.
4. Маніта І. Ю. Питання цифровізації сільського господарства в Україні. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф.* Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С. 346–350. URL : <https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/manita-2020.pdf>
5. Кучміїова Т. С., Мороз Т. О., Шешунова А. В. Використання штучного інтелекту в сільському господарстві. *Modern Economics*. 2023. № 39 (2023). С. 69–74. DOI: <https://doi.org/10.31521/modecon>.
6. Ярмоленко Ю. О. Формування економічного механізму сталого розвитку аграрного виробництва в умовах цифровізації : монографія. Київ : ТОВ «СІК ГРУПІ УКРАЇНА», 2018. 328 с.
7. Волощук Ю. О. Напрямки цифровізації аграрних підприємств. *Ефективна економіка*. 2019. № 2. С. 10–17.
8. Канівець Х. О., Коробченко А. О., Проценко С. В., Работинський А. М., Левченко М. В. Тенденції розвитку галузі тваринництва в умовах цифрової трансформації. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2021. № 121. С. 133–139. URL : <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.19>.

References

- [1] Solona, O.V. (2020). Zastosuvannia suchasnykh mekhatronnykh system ta robotyzovanykh kompleksiv u APK Ukrainy [Application of modern mechatronic systems and robotic complexes in the agricultural industry of Ukraine]. *Engineering, Energy, Transport AIC*, 3 (110), 71–76. [in Ukrainian].
- [2] Lebid, O.V., Kiporenko, S.S., Vovk, V.Yu. (2023). Vykorystannya tekhnolohiy shtuchnoho intelektu v sil'skomu hospodarstvi: yevropeys'kyy dosvid ta zastosuvannya v Ukraini [Use of artificial intelligence technologies in agriculture: European experience and application in Ukraine]. *Electronic modeling*, 45 (3), 57–71. [in Ukrainian].
- [3] Poliakov, O. (2021). Shtuchnyy intelekt v ahrovyrubnytstvi. Innovatsiyni rozrobky v ahraryi sferi [Artificial intelligence in agricultural production. Innovative developments in the agricultural sector]. *Molod i tekhnichnyy prohres v APV : materialy Mizhnarodnoy naukovo-praktychnoy konferentsii*, 2, Kharkiv : KhNTUSH, 408–409. [in Ukrainian].
- [4] Manita, I.Yu. (2020). Pytannia tsyfrovizatsii silskohoho spodarstva v Ukraini [The issue of digitalization of agriculture in Ukraine]. *Tekhnichne zabezpechennia innovatsiynnykh tekhnolohiy v ahropromyslovomu kompleksi: Mat. II Mizhnar. nauk.-prakt. konf.* Melitopol : TDAU, 346–350. URL : <https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/manita-2020.pdf>. [in Ukrainian].
- [5] Kuchmiiova, T.S., Moroz, T.O., Sheshunova, A.V. (2023). Vykorystannya shtuchnoho intelektu v silskomu hospodarstvi [Use of artificial intelligence in agriculture.]. *Modern Economics*, 39 (2023), 69–74. DOI: <https://doi.org/10.31521/modecon>. [in Ukrainian].
- [6] Yarmolenko, Yu.O. (2018). *Formuvannia ekonomichnoho mekhanizmu staloho rozvytku ahraryi vyrobnytstva v umovakh tsyfrovizatsii : monohrafiia* [Formation of the economic mechanism of agricultural production in the conditions of digitalization : monograph].



- sustainable development of agricultural production in conditions of digitalization: monograph*. Kyiv : TOV «SIK HRUP UKRAINA». [in Ukrainian].
- [7] Voloshchuk, Yu.O. (2019). Napriamky tsyfrovizatsii ahrarykh pidpriemstv [Directions of digitization of agricultural enterprises]. *Efektivna ekonomika*, 2, 10–17. [in Ukrainian].
- [8] Kanivets, Kh.O., Korobchenko, A.O., Protsenko, S.V., Rabotynskiyi, A.M., Levchenko, M.V. (2021). Tendentsii rozvytku haluzi tvarynnytstva v umovakh tsyfrovoy transformatsii [Trends in the development of the livestock industry in conditions of digital transformation]. *Tavrïskiyi naukovyi visnyk. Seriia: Silskohospodarski nauky*, 121, 133–139. URL : <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.19>. [in Ukrainian].

APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF ANIMAL HUSBANDRY

In the modern world, the use of digital technologies and automation in agriculture is becoming increasingly widespread. According to the United Nations, by 2050 the world's population may reach 9.7 billion, and in 2080 it will peak at 10.4 billion people, so the demand for food will grow significantly. One of the possible solutions to meet this demand is the development and active implementation of digital technologies in animal husbandry. Modern digital technologies are transforming the industry and providing new opportunities for farmers to increase efficiency and productivity while minimizing their environmental impact. These technologies are also used to optimize farmers' work. One of the industries that benefits most from automation is precision animal husbandry.

Precision animal husbandry is agriculture that uses technology to monitor and manage livestock with efficiency and sustainability. Using artificial intelligence-based automation, farmers can collect data about their livestock, such as health and nutritional information, in real time. This data can then be used to make informed decisions about animal care and management.

Thanks to digital technology, farmers can improve and optimize their livestock management practices. For example, the health and well-being of animals can be monitored using drones, cameras, and AI sensors that can alert humans to potential problems. In addition, artificial intelligence can be used to make decisions about breeding and feeding strategies by tracking the performance of individual animals.

Digital technologies are also being introduced to improve the efficiency of the farm itself. The use of AI-enabled robots can automate certain tasks, such as milking and feeding, allowing farmers to focus on other activities. The use of resources such as water and energy can also be optimized with AI, which can help mitigate the environmental impact of agriculture.

Finally, the use of robots on farms helps to improve product traceability. AI-driven sensors can monitor the condition and location (and even identify) of animals to ensure product quality and safety, and increase the sustainability of livestock production.

Key words: *digital technologies, artificial intelligence, precision animal husbandry, automation, increasing animal productivity, farm robotization.*

Pic. 7. Ref. 8.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Солона Олена Василівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: solona_o_v@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4596-0449>).

Скоромна Оксана Іванівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології виробництва, переробки продукції тваринництва та годівлі Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: oksanas7777@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1332-5579>).

Огороднічук Галина Михайлівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології виробництва, переробки продукції тваринництва та годівлі Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: ohorodnichukhalina@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9008-4927>).

Olena Solona – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Labor Protection and Biotechnical Systems in Animal Production of Vinnytsia National Agrarian University (St. Soniachna, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: solona_o_v@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4596-0449>).

Oksana Skoromna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products of Vinnytsia National Agrarian University (St. Soniachna, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: oksanas7777@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1332-5579>).

Haluna Ohorodnichuk – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products of Vinnytsia National Agrarian University (St. Soniachna, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: ohorodnichukhalina@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9008-4927>).