

УДК 681.5

DOI <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.1.1.6>**С. В. ГАЙДУКЕВИЧ**старший викладач кафедри електротехнологій
та експлуатації енергообладнанняВідокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів
і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»

ORCID: 0000-0001-5910-5921

Н. П. СЕМЕНОВАстарший викладач кафедри електротехнологій
та експлуатації енергообладнанняВідокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів
і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»

ORCID: 0000-0002-8478-9429

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТВАРИННИЦТВІ ТА ПТАХІВНИЦТВІ

В статті розглядаються особливості впровадження новітніх технологій та інноваційних рішень в галузі тваринництва та птахівництва для підвищення гнучкості і ефективності технологічних процесів та вирішення проблем стосовно енергоощадності.

Сучасні тенденції в галузях тваринництва і птахівництва призводять до удосконалення існуючих та реалізації нових технологічних процесів, які ґрунтуються на інноваційних технологіях, що докорінно змінює концепції сільськогосподарських виробництв та дають можливість створення «розумних» господарств.

У цьому контексті на реальному прикладі продемонстровано можливість реалізації Інтернет речей для удосконалення технологічних процесів свинарника-маточника. А також показано, що в умовах глобальних викликів завдяки сучасним інноваційним технологіям господарство з традиційними методами виробництва можна конвертувати у конкурентоспроможне, високотехнологічне, «розумне» господарство з інтелектуальними та автоматизованими системами. Розкрито тенденції та передбачення вдосконалення технологічних процесів за рахунок діджиталізації автоматизованої системи керування для надання можливості підключення усіх установок та агрегатів до глобальної мережі Інтернет, що послужило ключовим фактором створення ефективного «розумного» господарства.

Такі технології дозволяють кардинально змінити підходи до удосконалення технологічних процесів у сільськогосподарському виробництві з метою вирішення проблем розвитку сучасних господарств, що використовують автоматизовані системи.

Доведено, що технологічні процеси усіх виробничих підрозділів галузей тваринництва та птахівництва необхідно активно удосконалювати впроваджуючи інноваційні технології та підвищуючи рівень цифрової трансформації, оскільки це дасть змогу зменшити затрати праці на одну голову або одиницю одержаної продукції, знизити енерговитрати, підвищити продуктивність і якість продукції тим самим збільшити економічну ефективність.

Ключові слова: інформаційні технології, цифровізація, технологічні процеси, тваринництво, автоматизована система.

S. V. HAIDUKEYVYCHSenior Lecturer at the Department of Electrical Technology
and Operation of Power EquipmentSeparated Subdivision of the National University of Bioresources
and Nature Management of Ukraine "Berezhansky Agrotechnical Institute"

ORCID: 0000-0001-5910-5921

N. P. SEMENOVASenior Lecturer at the Department of Electrical Technology
and Operation of Power EquipmentSeparated Subdivision of the National University of Bioresources
and Nature Management of Ukraine "Berezhansky Agrotechnical Institute"

ORCID: 0000-0002-8478-9429

MODERN TRENDS IN IMPROVING TECHNOLOGICAL PROCESSES IN LIVESTOCK AND POULTRY

The article examines the features of the introduction of the latest technologies and innovative solutions in the field of animal husbandry and poultry farming to increase the flexibility and efficiency of technological processes and solve problems related to energy saving.

Modern trends in the fields of animal husbandry and poultry farming lead to the improvement of existing and implementation of new technological processes based on innovative technologies, which fundamentally changes the concept of agricultural production and makes it possible to create «smart» farms.

In this context, a real-life example demonstrates the possibility of implementing the Internet of Things to improve the technological processes of a sow barn. It is also shown that in the context of global challenges, thanks to modern innovative technologies, a farm with traditional production methods can be converted into a competitive, high-tech, “smart” farm with intelligent and automated systems. The article reveals trends and foresight of technological processes improvement through digitalization of the automated control system to enable connection of all installations and units to the global Internet, which served as a key factor in creating an effective “smart” farm.

Such technologies make it possible to fundamentally change the approaches to the improvement of technological processes in agricultural production in order to solve the problems of the development of modern farms that use automated systems.

It has been proven that the technological processes of all production divisions of the livestock and poultry industries must be actively improved by introducing innovative technologies and increasing the level of digital transformation, as this will make it possible to reduce labor costs per head or unit of production, reduce energy costs, increase productivity and product quality, thereby increasing economic efficiency.

Key words: information technology, digitalization, technological processes, animal husbandry, automated system.

Постановка проблеми

З розвитком цифровізації в технологіях виник значний прогрес, автоматизація перейшла на вищий ступінь сучасного формату, що спричинило значні перетворення та зумовило до суттєвих змін в галузях тваринництва і птахівництва. Традиційні методи виробництва стають застарілими та малоефективними [1], що приводить до занепаду галузей і безпосередньо впливає на продовольчу безпеку країни. Сучасні ферми потребують нових технологій, які дають змогу оптимізувати і покращити системи утримання тварин і птиці, захищати навколишнє середовище, підвищити якість продукції [2, с. 16], удосконалити технологічні процеси з метою збільшення гнучкості та зниження витрат. Тобто сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій зумовили по-новому подивитися на традиційні підходи та породили виклики, які стали стимуляторами пошуку нових оптимальних шляхів розвитку сільськогосподарських виробництв.

В умовах глобалізованого середовища на передові позиції виходить розумне фермерство, також відоме як інтелектуальне сільське господарство, яке ґрунтується на впровадженні передових технологій [3]. Разом з цим для успішного впровадження цифрових змін та забезпечення економічного зростання підприємств галузей необхідним є розроблення стратегії [4, с. 38] тенденційного підходу удосконалення технологічних процесів, яка би визначала цілі і засоби досягнення їх інноваційного розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Багато вітчизняних та закордонних науковців працюють над питанням впровадження інноваційних технологій у сільськогосподарське виробництво. Наприклад, Левченко І. С., Головня О. М., Чемерис Ю. С. та ін. переконані, що інноваційні технології у сільському господарстві підвищують конкурентоспроможність продукції. Багмет В. С. досліджуючи інструменти індустрії 4.0 пропонує деякі шляхи впровадження новітніх технологій. Назаренко Н., Заєць С., Киричук Ю. стверджують, що Індустрію 4.0 та IoT можна використовувати у різних галузях, в результаті чого, компанії отримають конкурентні переваги, покращать свою екологічну та соціальну відповідальність і сприятимуть сталому розвитку [5, с. 78]. Бугріменко Р. М., Смірнова П. В. та ін. проявляючи зацікавленість до питання впливу цифрової трансформації на діяльність підприємств запевняють, що цифровізація є ключовою тенденцією створення нової бізнес-моделі, а також відіграє велику роль у прийнятті управлінських рішень та оптимізації бізнес-процесів. Але на жаль в Україні рівень впровадження цифрових технологій в сільське господарство та його галузі поки залишається низьким [6, с. 182].

Незважаючи на великі досягнення науковців ще не повністю розкрито питання стосовно сучасних тенденцій удосконалення технологічних процесів в тваринницьких і птахівничих приміщеннях в умовах глобальних викликів.

Формулювання мети дослідження

Метою статті є проведення аналізу сучасних тенденцій та інновацій в галузях тваринництва і птахівництва, визначення перспектив впровадження інноваційних технологій та методів удосконалення технологічних процесів на прикладі свинарника-маточника.

Викладення основного матеріалу дослідження

Тваринництво і птахівництво є основними галузями, які забезпечують ринок натуральними цінними продуктами харчування. Але на сьогоднішній день ці галузі перебувають у дуже скрутному становищі. Оскільки виробництво і переробка у період переходу на ринкові засади зіткнулися з великими труднощами, що спричинили високі темпи скорочення поголів'я худоби [7, с. 270] і птиці. Наразі продовжується певний спад виробництва, подальше зменшується поголів'я, знижується їхня продуктивність, втрачається генетичний фонд, зношуються й старіють основні фонди та технічна база [8, с. 138]. На рисунку 1 можна прослідкувати динаміку виробництва свинини на протязі 1980–2020 рр. Такий спад проходив у всіх напрямках галузей тваринництва і птахівництва. Ще дотепер даються взнаки негативні тенденції, оскільки занепад цих галузей безпосередньо впливає на економіку країни.

Аналіз стану галузей тваринництва і птахівництва свідчить про те, що в процесі прогресивного розвитку інноваційних технологій необхідно всі зусилля спрямувати на технічне переоснащення та удосконалення технологічних процесів з метою забезпечення стійкого розвитку цих галузей.

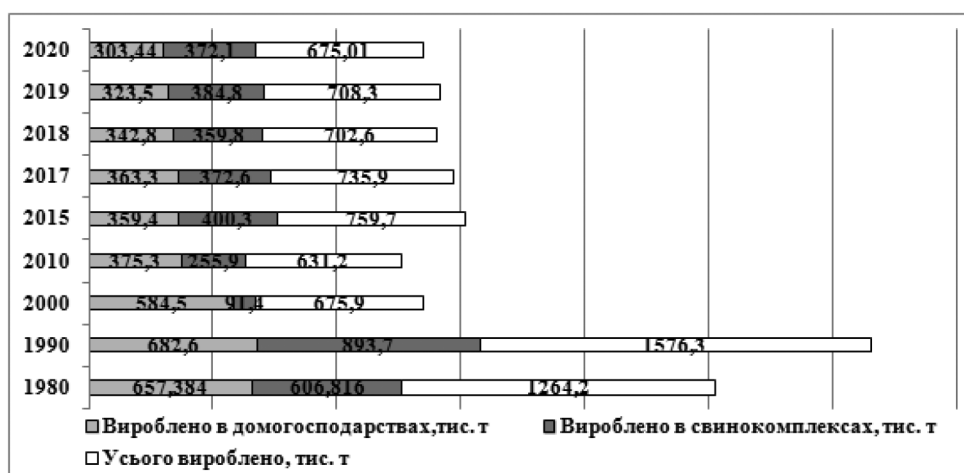


Рис. 1. Динаміка виробництва свинини в Україні за 1980–2020 роки [9, с. 65]

В останні роки достатньо чітко намітилася тенденція переходу від створення техніки для забезпечення існуючих технологій до створення нових технологічних рішень на базі принципово нових машин та обладнання [10, с. 249]. Оскільки перехід до цифрової трансформації, яка спрямована на підвищення ефективності виробництва продукції, організацію контролю витрат та виробничих процесів [11, с. 134], веде до створення автоматизації та оптимізації технологічних процесів нового формату, що ґрунтуються на концепціях інформаційних технологій та глобальній індустріальній мережі Інтернет речей.

Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій виявляються, як власне, технологічні зміни, а також, як ті зрушення [12, с. 45] в технологічних процесах, які вони викликають. Оскільки вони забезпечують потужний інструментарій для обробки, зберігання, передачі та аналізу великих обсягів інформації [13, с. 47], створюють інтелектуальні системи, тим самим демонструють бурхливий та невинний прогрес у галузях тваринництва і птахівництва, що стало основним фактором генерування сучасної культури та економіки.

Інноваційні технології спроможні кардинально змінити концепції сільськогосподарського виробництва створюючи нові перспективи для вирішення складних проблем та подальшого розвитку, що вказує на конвергенцію в напрямку розумного господарства, де всі об'єкти пов'язані мережею. Тобто сучасне господарство представляє собою єдиний кібернетичний організм, який управляється за допомогою автоматизованих систем через інтерфейс комп'ютерних програм [10, с. 249].

Можна виділити декілька напрямів інноваційних технологій, таких як: Інтернет речей (IoT), штучний інтелект, машинне навчання, автоматизація та робототехніка, обчислення в хмарі, кібербезпека та ін., які безпосередньо впливають на всі сфери життєдіяльності та поєднання їх можливостей являється основним інструментом перетворення в статус розумного, що дає змогу створити новий рівень ефективності. Найбільш впливовими чинниками є ті, що здатні забезпечити кардинальні зрушення у відродженні галузі тваринництва [6, с. 181] та птахівничої галузі.

Інтернет речей є однією із складових інноваційних технологій, який найбільш використовується в аграрному секторі та охоплює відразу декілька явищ: 1) володіння об'ємною інформацією; 2) об'єднання об'єктів інтелектуальної системи в єдину мережу з виходом в Інтернет; 3) вдосконалення процесів та систем керування, надаючи їм нових можливостей; 4) взаємодія всіх пристроїв інтелектуальної системи. Основна перевага Інтернету речей (IoT) – здатність дистанційно одночасно управляти багатьма процесами без участі людини.

Вирішення стратегічних завдань впливу передових технологій на рівень ефективності виробництва та вивчення сучасних тенденцій удосконалення технологічних процесів проведено на конкретному прикладі тваринницького приміщення свинарника-маточника на 100 голів розмірами $15 \times 90 \times 3$ м (рис. 2), об'ємом 4050 м^3 .

В свинарнику-маточнику, як правило, передбачено наступні технологічні процеси: загальне опалення, місцевий верхній і нижній обігрів поросят, вентиляція, освітлення, роздача кормів, прибирання гною та водонапування (рис. 3). Всі ці процеси виконуються традиційним методом і керуються за допомогою релейно-контактних схем. Основним недоліком традиційного методу є ручне коригування контролюючих величин, що призводить до створення помилок та відповідно нестабільності параметрів, а це безпосередньо негативно впливає на точність виконання технологічного процесу та збільшення витрат на виробництво.

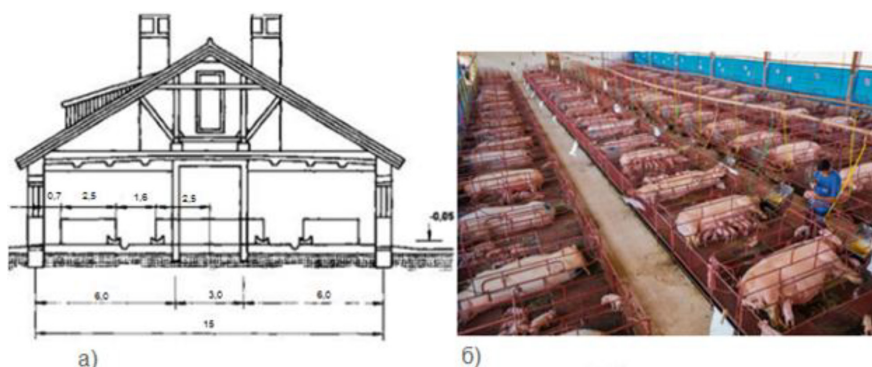


Рис. 2. Свинарник-маточник на 100 голів: *а* – розріз свинарника-маточника; *б* – загальний вигляд приміщення

Процеси свинарника-маточника енерговитратні, особливо найбільш витрачається енергії на загальне опалення, місцевий обігрів поросят та кондиціонування повітря в літній період, тобто створення оптимального мікроклімату. Зменшити енерговитрати, підвищити ефективність виробництва та рівень конкурентоспроможності можна різними відомими методами, але сучасні сільськогосподарські виробництва вимагають нових підходів, що базуються на впровадженні передових технологій та новаторських рішень, які здатні легко інтегруватися з існуючими системами в результаті сумісної та продуктивної роботи. Оскільки багато господарств, які намагаються впровадити інноваційні агротехнології у своє виробництво стикаються з проблемами недостатньої кількості коштів на придбання новітньої техніки. Не всі господарства готові свої вкладення витрачати на інноваційні дослідження та наукові розробки. Та переважно у багатьох господарствах фінансова сторона та нестача кваліфікаційних спеціалістів гальмує впровадження новітніх технологій.

Враховуючи стратегічні та технічні аспекти господарств та їх позитивні і негативні тенденції розроблено автоматичну систему, яка реалізуючи цифрові технології надає можливість перетворити традиційне виробництво у більш досконале за рахунок оптимізації технологічних процесів. Тобто, від традиційних методів обслуговування перехід до цифрових каналів, таких як мобільні додатки та соціальні мережі, дозволить підприємствам персоналізувати свої послуги та продукти [14].

З врахуванням нормативних параметрів даного тваринницького приміщення енергетичний баланс повітря визначено за формулою:

$$Q_{on} = Q_{oc} + Q_v + Q_{vup} + Q_{ob} - Q_m, \quad (1)$$

де Q_{on} – кількість теплоти необхідної для опалення приміщення свинарника-маточника, ккал/год.; Q_{oc} – втрати теплоти через зовнішні огорожі приміщення, ккал/год.; Q_v – теплота, яка витрачається через вентиляцію, ккал/год.; Q_{vup} – теплота, яка витрачається на випаровування, ккал/год.; Q_{ob} – втрати теплоти на обдуваємість, ккал/год.; Q_m – вільна теплота, яка виділяється всіма тваринами, що є в приміщенні, кДж/год.

З попередніх розрахунків проведено динаміку втрат теплової енергії в залежності від зміни температури зовнішнього середовища (рис. 4). Оскільки характеристика загального балансу Q_{on} переходить в негативний діапазон координат після 6°C то це свідчить про те, що при температурі нижче 6°C для створення комфортних умов утримання свиней необхідно вводити додаткові теплові потужності, оскільки молодняк дуже чутливий до змін оточуючого середовища. Розрахунковий рівень вентиляції в залежності від маси тварини повинен становити близько $60\text{--}100 \text{ м}^3/\text{год}$ на голову.

Розроблена автоматична система передбачає використання існуючих установок та агрегатів в якості виконавчих механізмів для виконання технологічних процесів у свинарнику-маточнику. Це в свою чергу збереже основні кошти господарств.

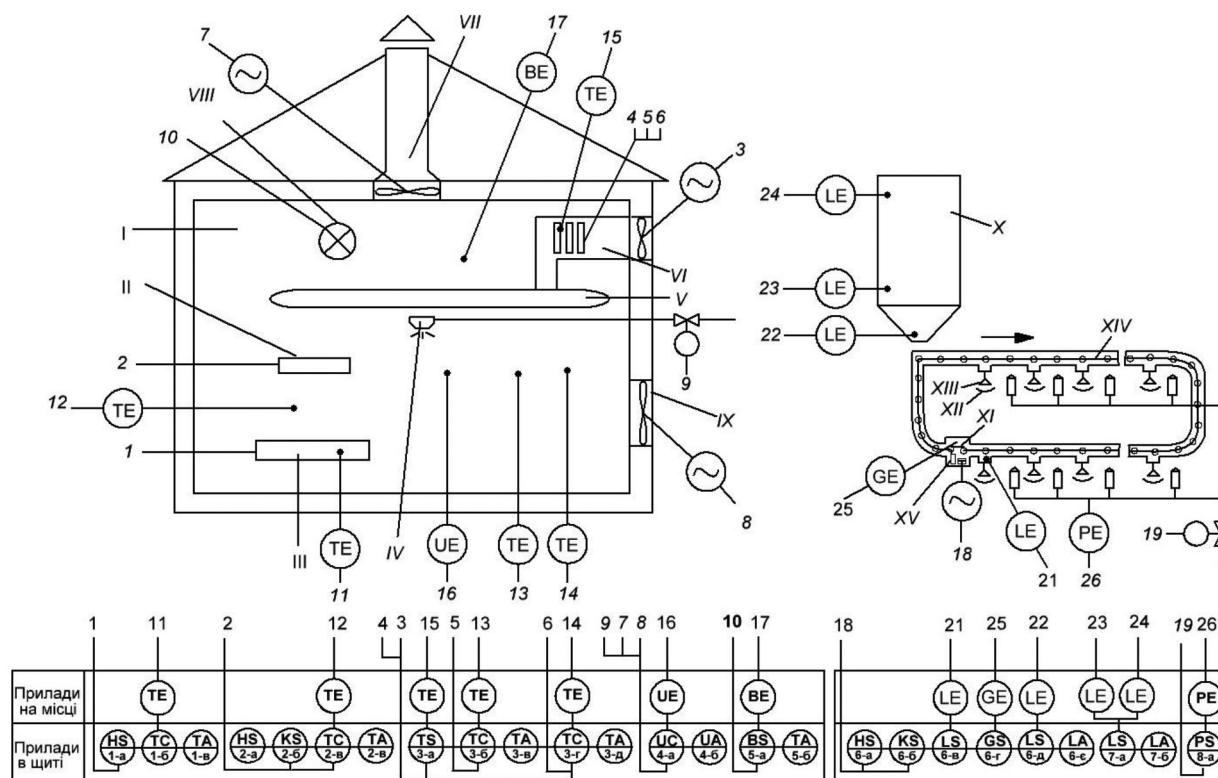


Рис. 3. Функціонально-технологічні схеми: а – створення оптимального мікроклімату; б – роздача кормів та напування; I – стійлове приміщення, II – інфрачервоні обігрівачі, III – обігрівна підлога, IV – пристрій для створення туману, V – повітропровід, VI – електрокалорифер з трьома секціями нагрівних елементів, VII – витяжна вентиляція, VIII – освітлювальний пристрій, IX – припливна вентиляція, X – бункер для корму, XI – натяжний пристрій, XII – годівниця, XIII – дозатор, XIV – тросошайбовий кормороздавач, XV – редуктор

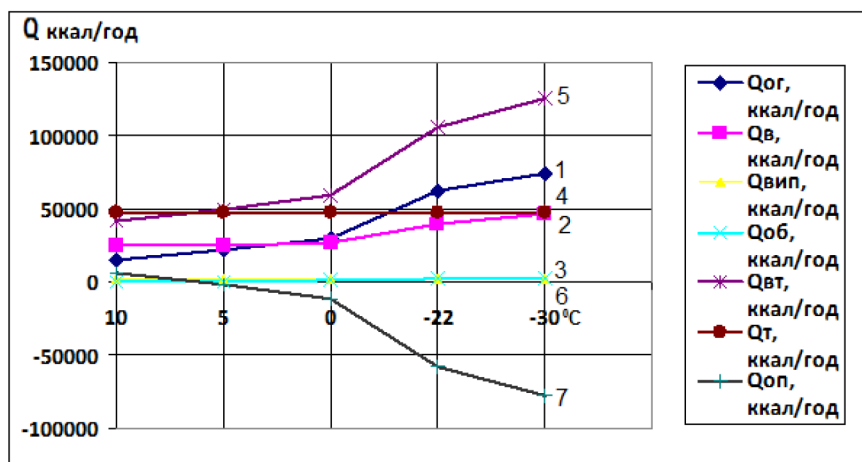


Рис. 4. Характеристики теплових втрат в залежності від температури зовнішнього середовища: 1 – втрати теплоти через огорожуючі конструкції, $Q_{ог}$ ккал/год.; 2 – втрати теплоти на вентиляцію, $Q_{в}$ ккал/год.; 3 – втрати теплоти на обдуваемість, $Q_{об}$ ккал/год.; 4 – тепловиділення від тварин, $Q_{от}$ ккал/год.; 5 – загальні витрати теплоти, $Q_{от}$ ккал/год.; 6 – втрати теплоти на випаровування, $Q_{вип}$ ккал/год.; 7 – загальний тепловий баланс, $Q_{оп}$ ккал/год

Для підвищення гнучкості і ефективності технологічних процесів та алгоритму їх функціонування проведено діджиталізацію автоматизованої системи керування, що надає можливості підключення всіх об'єктів до глобальної мережі Інтернет з метою їх об'єднання в єдину велику централізовану мережу для збирання і обміну інформацією між ними, що дозволить повністю контролювати технологічні процеси в режимі реального часу,

вдосконалювати систему у відповідності до впливу збурюючих дій та приймати рішення в залежності від результатів аналізу тих чи інших змін.

Розроблена електротехнічна система реалізуючи концепції IoT технологій надає можливість дистанційно керувати всіма технологічними процесами свинарника-маточника та в режимі реального часу безперервно за допомогою різноманітних датчиків збирати інформацію, яка свідчить про стан керуємих величин.

Дана інформація реалізується за допомогою сучасних засобів (рис. 5), обробляється, зберігається та накопичується для подальшого використання, а трансформована інформація нової якості, тобто інформаційний продукт, передається для виконання тої чи іншої дії. Інформація є важливим і цінним джерелом для формування нових моделей керування. Ці принципово нові засоби і методи обробки даних об'єднуються в цілісні технологічні системи і забезпечують практично всі функції [15, с. 273].



Рис. 5. Структура технологій Інтернету речей [16, с. 121]

Обґрунтовуючи інноваційні стратегії тенденційного підходу удосконалення технологічних процесів можна розроблену автоматизовану систему розглядати як інформаційно-керуючу систему, яка набуває статусу «розумної».

Для формування системи вибрано інтелектуальні пристрої типу Sonoff, хоча на ринку на сьогоднішній день дуже великий вибір «розумних» електронних гаджетів різних відомих фірм, які обладнанні функціоналом, що дозволяє їм виконувати різні функції та підключатися до мережі Інтернет. Пристрої Sonoff чудово підходять для побудови бюджетних і функціональних рішень. Вони інтегруються через Wi-Fi або Zigbee і можуть керуватись через мобільний додаток eWeLink.

Дуже важливим завданням є вибір ефективного програмного продукту для забезпечення високотехнологічних об'єктів всіма необхідними технологічними функціями.

При розробці автоматичної системи керування «розумним будинком» було використано мобільний додаток eWeLink, а так, як не виконувалися деякі функції та не підтримувалися певні пристрої, а особливо, які розроблялися самостійно на мікропроцесорній платі NodeMCU, тому додатково було розгорнуто сервер та запущено платформу Home Assistant, яка підтримує пристрої різних виробників та виконує понад 2000 інтеграцій, забезпечує створення різноманітних сценаріїв автоматизації технологічних процесів з можливістю використання голосових помічників, а також формує панелі для моніторингу параметрів (температура, вологість, освітлення, напруга мережі, споживання енергії та ін.). Така добірка платформ, яка відмінно себе зарекомендувала в системі керування «розумним будинком», рекомендована для керування технологічними процесами в свинарнику-маточнику, оскільки безперечно задовольняє сучасні тенденції, властива до оновлення та розширення своїх можливостей, дозволяє використовувати магазин доповнень для встановлення додаткових плагінів та інструментів є вихід в Інтернет. Можна було б вибрати й інші платформи, але оскільки не було проведено відповідних досліджень то прийнято оптимальне рішення зупинитися на вище вказаній добірці платформ.

Температурні параметри та повітрообмін повинні бути ідеально підібрані, особливо для молодняку. Для створення оптимального мікроклімату вибрано блок керування AMC-PLUS (можна Venton), який використовується для підтримання в автоматичному режимі мікрокліматичних параметрів за заданим алгоритмом в залежності кривих температури, вологості, живої ваги по заданим дням і рівнем мінімальної вентиляції на кілограм живої ваги. В залежності від кількості голів контролер розраховує мінімальний рівень вентиляції по мірі того як жива вага збільшується. Тобто забезпечується повітрообмін в залежності від росту тварин.

Блок керування AMC-PLUS інтегрується в систему Home Assistant разом із розумними пристроями Sonoff, проте для цього потрібно забезпечити правильну взаємодію між їхніми протоколами. При їх об'єднанні у спільну систему Home Assistant використовується як «мозковий центр», що забезпечує перетворення сигналів та управління. Блок AMC-PLUS напряму підключається до Home Assistant, інтегруючись через Modbus (RTU/TCP), тобто IP-адресу для Modbus TCP або COM-порт для Modbus RTU. Якщо блок працює через аналоговий сигнал то використовується реле Sonoff 4CH PRO R3 для подачі на нього сигналів.

Система освітлення є невід'ємним фактором, що впливає на розвиток тварин, а також використовується для продовження дня та в якості чергового освітлення. В освітлювальній системі проведено заміну ламп розжарення на напівпровідникові економні смарт-лампами Sonoff Lamp, які можна монтувати у звичайні патрони. Ці лампи витрачають набагато менше електроенергії, а по-друге озброєні цифровою системою та програмним

забезпеченням, що надає можливість кожну лампу налаштовувати за індивідуальним сценарієм, але в даний момент, оскільки є чотири ряди світильників і чергове освітлення то всі лампи розбиті на п'ять груп і вмикаються за допомогою блоку керування AMC-PLUS. Якщо використати модуль розширення реле MR8 то можна виконувати й опромінення поросят.

Для локального прогріву поросят в зонах відпочинку використовуються інфрачервоні обігрівачі та система підлогового підігріву. Для керування обігрівною підлогою вибрано розумне Wi-Fi реле Sonoff Th320 20A, а інфрачервоними лампами Sonoff TH16 з датчиками температури DS18B20.

Особливо в літній період для охолодження повітря приміщення свинарника-маточника та підтримки вологості на рівні 60–70 % використано систему туманоутворення Idrotech Fog 60 Cabrio-50 (ZX.0570) з мінімальною витратою води. Оскільки підвищена температура знижує показники росту, погіршує їх апетит, негативно впливає на стан тварин, що може призвести до летальних випадків. Для керування системою туманоутворення використано реле Sonoff Dual R3 з підтримкою двох каналів (10 А кожний).

Для підтримання раціонального годування свиноматок і поросят та постійного водопостачання для їх напування використовується система автоматичного годування та водопостачання на базі чотирьохканального реле Sonoff 4CH PRO R3, яке може одночасно управляти декількома пристроями (годівницями, насосами).

Електродвигуни гноєприбиральних установок управляються 3-х фазними смарт автоматичними вимикачами типу HOCH ZJSB9-80Z за програмованим часом.

Можна для керування роботою деяких установок використати реле виготовлене на базі мікропроцесорної плати NodeMCU, оскільки воно багатофункціональне і може підключатися до резервної Wi-Fi у разі відсутності головної мережі.

Наприклад, інтеграція виконується наступним чином: при падінні температури в зоні відпочинку нижче нормованого значення реле TH16 вмикає інфрачервоні обігрівачі. При зниження температури підлоги реле Sonoff Th320 вмикає систему підігріву. Реле Dual R3 активує туманоутворювач при вологості нижче 60 %, реле 4CH PRO R3 активує у визначений час годування тварин при наявності корму в бункері.

Розроблена автоматична система окрім того, що збирає інформацію та контролює стан об'єктів і керуючих величин, слідує за роботою виконавчих механізмів відповідно прописаного алгоритму та моніторить на екран персонального комп'ютера, або на якийсь інший пристрій історію кожного контролюючого показника (рис. 6).

Впровадження в розробку технологічних інновацій розширює функції для оптимізації процесів, кардинально змінює спосіб їх керування та виконує комплекс рішень, які підвищують гнучкість і ефективність технологічних процесів та вирішують проблеми стосовно енергоощадності, а також надається можливість вивести на монітор всі показники контрольованих параметрів. Оскільки для будь якого господарства ключовим і немаловажливим аспектом є створення системи моніторингу та оцінки результатів впровадження інновацій, що дозволить вчасно виявляти проблеми та коригувати стратегію впровадження [17, с. 815].



Рис. 6. Контроль та регулювання контролюючих величин

Висновки дослідження та перспективи подальших розвідок

В умовах глобальних викликів завдяки сучасним інноваційним технологіям можна сформувати виробництво з інтелектуальними, автоматизованими системами, які контролюють та оптимізують використання ресурсів, зменшують витрати, збільшують ефективність виробництва, підвищують якість продукції та відповідно збільшують економічну безпеку на відміну господарствам з традиційними методами виробництва.

Розроблена автоматична система відіграє ключову роль у реалізації стратегій тенденційного підходу удосконалення технологічних процесів не тільки свинарника-відгодівельника, а всієї галузі тваринництва та галузі птахівництва. Оскільки ця система розширює можливості керування процесами, що підсилює ефективність роботи господарства.

В подальшому розроблену автоматичну систему можна удосконалювати, модернізувати, оскільки інноваційні технології постійно формуються, змінюються розвиваються, нові версії стають більш мережеві та володіють більшою потужністю та гнучкістю, а також регулярно потрібно оновлювати та підтримувати її програмне забезпечення.

Список використаної літератури

1. Багмет В.С. Інструментарій впровадження технологій індустрії 4.0 вітчизняними підприємствами. Економіка та суспільство. 2022. Вип. 40. Режим доступу: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2312/2234>
2. Веселов Є.В., Щербакова, І.Л., Левченко І.С. Інноваційні технології у тваринництві та ефективність впровадження концепції Smart Farm. Таврійський науковий вісник. 2019. № 109. Ч. 2. С. 15–20.
3. Головня О.М., Чемерис Ю.С. Сучасні тренди інноваційності ринку сільськогосподарської техніки в умовах глобального середовища. Економіка та суспільство. 2024. Вип. 66. Режим доступу: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4545/4488>
4. Корінь М.В., Лановий О.А., Поддубкін М.М., Зайцева Л.Д. Розроблення стратегії цифрової трансформації підприємств залізничного транспорту. Вісник економіки транспорту і промисловості. 2022. № 78–79. С. 36–46.
5. Назаренко Н.М., Заєць С.С., Киричук Ю.В. Співпраця Індустрії 4.0 та Інтернету речей IoT. Вісник Хмельницького національного університету. 2024. № 5(341). С. 74–79.
6. Синявіна Ю.В., Бутенко Т.А. Перспективи розвитку галузі тваринництва в умовах цифровізації. Економічний аналіз. 2021. Т. 31. № 1. С. 178–185.
7. Пуцентейло П.П. Аналіз сучасного розвитку галузі тваринництва України. Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Київ : ДЕТУТ, 2015. Вип. 31. С. 268–276.
8. Смоляр В. Технічне забезпечення сучасних тваринницьких ферм. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. / ДНУ «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого». Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2021. Вип. 28(42). С. 138–149.
9. Михалко О.Г. Сучасний стан та шляхи розвитку свинарства в світі та Україні. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2021. Вип. 3(46). С. 61–77.
10. Палій А.П. Тенденції сучасного тваринництва. Інноваційні розробки в аграрній сфері: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (28–29 листопада 2018 року). Харків : ХНТУСГ, 2018. С. 249.
11. 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. 2021. № 121. С. 133–139.
12. Консул Т.С., Крикунова В.М. Виклики та можливості в умовах сучасного етапу розвитку інформаційних технологій. Сучасна молодь в світі інформаційних технологій: матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти присвяченої Дню науки (17 травня 2024 р.). Херсон-Кропивницький, 2024. С. 45–46.
13. Кришун В.О., Лижник Ю.Б. Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій у світі. Сучасна молодь в світі інформаційних технологій: матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти присвяченої Дню науки (17 травня 2024 р.). Херсон-Кропивницький, 2024. С. 47–48.
14. Бугріменко Р.М., Смірнова П.В. Вплив розвитку цифрової трансформації на діяльність підприємства. Економіка та суспільство. 2024. Вип. 59. Режим доступу: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3386/3313>
15. Бойко Н. Умови, стратегії та перспективи розвитку інформаційних технологій. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». 2012. № 744. С. 271–277. Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2024/feb/33802/vis744komp-nauky-271-277.pdf>
16. Щербаков О.В. Інтернет речей: перспективи застосування дома та на підприємстві. Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених (23 листопада 2022 р.). Харків : ХНАДУ, 2022. С. 120–124.
17. Троян В.І., Швед А.Б., Браташ М.А. Механізм управління впровадженням технологічних інновацій у сфері надрокористування. Наукові перспективи, 2024. № 4(46). С. 808–817.

References

1. Bahmet V.S. (2022) Instrumentarii vprovadzhennia tekhnolohii industrii 4.0 vitchyznianymy pidpriemstvamy [Toolkit for the implementation of Industry 4.0 technologies by domestic enterprises]. Ekonomika ta suspilstvo. vol. 40. Available at: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2312/2234>. [in Ukrainian].

2. Veselov Ye. V., Shcherbakova, I. L., Levchenko I. S. (2019) Innovatsiini tekhnologii u tvarynnytsvii ta efektyvnist vprovadzhennia kontseptsii Smart Farm [Innovative livestock technologies and the effectiveness of smart farm implementation]. *Tavriiskyi naukovi visnyk*. no. 109(2). pp. 15–20. [in Ukrainian].
3. Holovnia O. M., Chemerys Yu. S. (2024) Suchasni trendy innovatsiinosti rynku silskohospodarskoi tekhniki v umovakh hlobalnoho seredovyscha [Current innovative trends of the agricultural equipment market in the global environment]. *Ekonomika ta suspilstvo*. vol. 66. Available at: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4545/4488>. [in Ukrainian].
4. Korin M. V., Lanovyi O. A., Poddubkin M. M., Zaitseva L. D. (2022) Rozroblennia stratehii tsyfrovoy transformatsii pidpriemstv zaliznychnoho transportu [Development of the digital transformation strategy of railway transport enterprises]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti*. no. 78–79. pp. 36–46. [in Ukrainian].
5. Nazarenko N. M., Zaiets S. S., Kyrychuk Yu. V. (2024) Spivpratsia industrii 4.0 ta internetu rechei IoT [Cooperation of Industry 4.0 and the Internet of things IoT]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. no. 5(341). C. 74–79. [in Ukrainian].
6. Syniavina Yu. V., Butenko T. A. (2021) Perspektyvy rozvytku haluzi tvarynnytsva v umovakh tsyfrovizatsii [Prospects for the development of the livestock industry in terms of digitalization]. *Ekonomichniy analiz*. T. 31. no. 1. pp. 178–185. [in Ukrainian].
7. Putsenteilo P. P. (2015) Analiz suchasnoho rozvytku haluzi tvarynnytsva Ukrainy [Analysis of the modern development of the livestock industry of Ukraine.]. *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnoho ekonomiko-tekhnolohichnoho universytetu transportu*. Kyiv : DETUT. vol. 31. pp. 268–276. [in Ukrainian].
8. Smoliar V. (2021) Tekhnichne zabezpechennia suchasnykh tvarynnytskykh ferm [Technical support of modern livestock farms]. *Tekhniko-tekhnolohichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniki i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy: zbirnyk nauk. pr. / DNU “Ukrainskyi nauko- doslidnyi instytut prohnozuvannia ta vyprobuvannia tekhniki i tekhnologii dlia silskohospodarskoho vyrobnytsva imeni Leonida Pohoriloho”*. Doslidnytske: UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho. vol. 28(42). pp. 138–149. [in Ukrainian].
9. Mykhalko O. H. (2021) Suchasnyi stan ta shliakhy rozvytku svynarstva v sviti ta Ukraini [Current state and ways of pig production in the world and Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. vol. 3(46). pp. 61–77. [in Ukrainian].
10. Palii A. P. (2018) Tendentsii suchasnoho tvarynnytsva [Trends in modern animal husbandry]. *Innovatsiini rozrobky v ahrarnii sferi: materialy Mizhnarodnoi nauko-vo-praktychnoi konferentsii (28–29 lystopada 2018 roku)*. Kharkiv: KhNTUSH. pp. 249. [in Ukrainian].
11. Kanivets Kh. O., Korobchenko A. O., Protsenko S. V., Rabotynskyi A. M., Levchenko M. V. (2021) Tendentsii rozvytku haluzi tvarynnytsva v umovakh tsyfrovoy transformatsii [Trends in the development of the livestock industry in the conditions of digital transformation]. *Tavriiskyi naukovi visnyk*. no. 121. pp. 133–139. [in Ukrainian].
12. Konsul T. S., Krykunova V. M. (2024) Vyklyky ta mozhlyvosti v umovakh suchasnoho etapu rozvytku informatsiinykh tekhnologii [Challenges and opportunities in the conditions of the modern stage of information technology development.]. *Suchasna molod v sviti informatsiinykh tekhnologii: materialy V Vseukrainskoi nauko-vo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh ta zdobuvachiv vyshchoi osvity prysviachenoj Dniu nauky (17 travnia 2024 r.)*. Kherson-Kropyvnytskyi. pp. 45–46. [in Ukrainian].
13. Kryshun V. O., Lyzhnyk Yu. B. (2024) Suchasni tendentsii rozvytku informatsiinykh tekhnologii u sviti [Modern trends in the development of information technologies in the world]. *Suchasna molod v sviti informatsiinykh tekhnologii: materialy V Vseukrainskoi nauko-vo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh ta zdobuvachiv vyshchoi osvity prysviachenoj Dniu nauky (17 travnia 2024 r.)*. Kherson-Kropyvnytskyi. pp. 47–48. [in Ukrainian].
14. Buhrimenko Buhrimenko R. M., Smirnova P. V. (2024) Vplyv rozvytku tsyfrovoy transformatsii na diialnist pidpriemstva [Impact of the development of digital transformation on enterprise activities]. *Ekonomika ta suspilstvo*. vol. 59. [in Ukrainian]. Available at: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3386/3313>
15. Boiko N. (2012) Umovy, stratehii ta perspektyvy rozvytku informatsiinykh tekhnologii [Conditions, strategies and prospects for the development of information technologies]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu “Lvivska politehnika”*. no. 744. pp. 271–277. Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2024/feb/33802/vis744komp-nauky-271-277.pdf>. [in Ukrainian].
16. Shcherbakov O. V. (2022) Internet rechei: perspektyvy zastosuvannia doma ta na pidpriemstvi [Internet of things: prospects of application at home and in the enterprise]. *Kompiuterno-intehrovani tekhnologii avtomatyzatsii tekhnolohichnykh protsesiv na transporti ta u vyrobnytsvi: materialy Vseukrainskoi nauko-vo-praktychnoi konferentsii zdobuvachiv vyshchoi osvity i molodykh uchenykh (23 lystopada 2022 r.)*. Kharkiv: KhNADU. pp. 120–124. [in Ukrainian].
17. Troian V. I., Shved A. B., Bratash M. A. (2024) Mekhanizm upravlinnia vprovadzhenniam tekhnolohichnykh innovatsii u sferi nadrokorystuvannia [Mechanism for managing the introduction of technological innovations in the field of subsoil use]. *Naukovi perspektyvy*. no. 4(46). pp. 808–817. [in Ukrainian].