

С. В. ГАЙДУКЕВИЧстарший викладач кафедри електротехнологій
та експлуатації енергообладнання
Відокремлений підрозділНаціонального університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»
ORCID: 0000-0001-5910-5921**Н. П. СЕМЕНОВА**старший викладач кафедри електротехнологій
та експлуатації енергообладнання
Відокремлений підрозділНаціонального університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»
ORCID: 0000-0002-8478-9429**І. М. СОЛОВЕЙ**

кандидат технічних наук,

доцент кафедри електротехнологій та експлуатації енергообладнання
Відокремлений підрозділНаціонального університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»
ORCID: 0000-0003-4715-3795

УДОСКОНАЛЕННЯ ІНКУБАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ШЛЯХОМ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ТА РЕГУЛЮВАННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

На сьогоднішній день потреби сільськогосподарського виробництва змінюються, оскільки нові вимоги відповідно змінюють цілі, технології, техніку, які реалізуються на сучасному етапі.

В статті проаналізовано рішення динамічного підвищення якості процесу інкубації яєць за рахунок впровадження технологій нового покоління, а саме Інтернету речей, інформаційних та комунікаційних технологій, в яких джерелом та рушійною силою є інформація про реальний та об'єктивний стан взаємопов'язаних об'єктів і систем. Оскільки інформаційно-комунікаційні технології здатні зібрану інформацію обробляти, аналізувати а одержані результати реалізувати та ідеально генерувати в інноваційні рішення для удосконалення технології з мінімальними втратами, збільшення економічності виробництва, підвищення продуктивності та виходу максимальної кількості птиці. За допомогою Інтернет речей проходить покращення обміном інформацією між фізичними предметами, що мають вбудовані цифрові пристрої та взаємодіють між собою та навколишнім середовищем.

З метою удосконалення інкубаційних процесів розроблена автоматизована система, яка реалізуючи концепції IoT технологій, контролює та регулює мікрокліматичні показники з заданою точністю в умовах реального часу.

Розроблена автоматична система побудована на високотехнологічних взаємопов'язаних пристроях, які мають вбудовані цифрові системи, що інтегруються з мобільними пристроями з метою оперативного контролю процесу інкубації. Ця система узгоджує роботу техніко-технологічного електрообладнання, зокрема датчиків та пристроїв контролю та регулювання параметрів мікроклімату, завдяки програмному забезпеченню у відповідності до заданого алгоритму, що дозволяє отримувати точні дані та здійснювати ефективний контроль та керування процесами в інкубаційній камері, значно розширює можливості подібних систем.

Ключові слова: інформаційні технології, інкубація яєць, процес, інформація, інкубаційна камера, автоматична система.

S. V. HAIDUKEVYCHSenior 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. SEMENOVA

Senior Lecturer at the Department of Electrical Technology
and Operation of Power Equipment

Separated Subdivision of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine

“Berezhansky Agrotechnical Institute”

ORCID: 0000-0002-8478-9429

I. M. SOLOVEI

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Electrical Technology
and Operation of Power Equipment

Separated Subdivision of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine

“Berezhansky Agrotechnical Institute”

ORCID: 0000-0003-4715-3795

IMPROVEMENT OF THE INCUBATION PROCESS THROUGH AUTOMATIC CONTROL AND REGULATION OF MICROCLIMATE PARAMETERS

Today, the needs of agricultural production are changing, as new requirements accordingly change the goals, technologies, and equipment implemented at the current stage.

The article analyzes the decision to dynamically improve the quality of the egg incubation process due to the introduction of new generation technologies, namely the Internet of Things, information and communication technologies, in which the source and driving force is information about the real and objective state of interconnected objects and systems. Because information and communication technologies are able to process the collected information, analyze it and implement the obtained results and ideally generate innovative solutions for improving the technology with minimal losses, increasing production efficiency, increasing productivity and yielding the maximum number of poultry. The Internet of Things improves the exchange of information between physical objects that have built-in digital devices and interact with each other and the environment.

In order to improve the incubation processes, an automated system has been developed, which, implementing the concepts of IoT technologies, controls and regulates microclimatic indicators with a specified accuracy in real-time conditions.

The developed automatic system is built on high-tech interconnected devices that have built-in digital systems that integrate with mobile devices for the purpose of operational control of the incubation process. This system harmonizes the operation of technical and technological electrical equipment, in particular sensors and devices for monitoring and regulating microclimate parameters, thanks to software in accordance with a given algorithm, which allows obtaining accurate data and effective control and management of processes in the incubation chamber; significantly expands the capabilities of similar systems.

Key words: *information technology, egg incubation, process, information, incubation chamber, automatic system.*

Постановка проблеми

У птахівництві процес інкубації яєць найвідповідальніший. Оскільки цей процес є критичним і не допускає порушень режиму інкубації або збоїв в автоматичній системі, бо ці наслідки ведуть до величезних втрат. На кожній стадії інкубації у відповідності до виду птиці та розвитку зародка повинні підтримуватися та взаємодіяти між собою нормативні мікрокліматичні показники такі як: відносна вологість, температура, повітрообмін, частота обертання лотків. Всі ці фактори безпосередньо впливають на життєдіяльність і розвиток ембріонів. Тобто успішний і якісний вихід птиці залежить не тільки від біологічної цінності яйця, а й від правильного режиму інкубації.

Класичний метод інкубації яєць не задовольняє вимоги сьогодення, а нові сучасні інкубатори порівняно дуже дорогі. Тому з метою покращення процесу інкубації, який потребує високої ефективності виробництва [1, с. 61], потрібно впроваджувати сучасні технології нового покоління з єдиним інтелектуальним керуванням. Це дасть можливість забезпечити високу точність певних технологічних операцій [2, с. 50], розширити їх функціональні можливості, досягти: забезпечення якості продукції, збільшення економічності виробництва, підвищення продуктивності [3, с. 88] в умовах сучасних глобалізаційних потреб [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Борян Л.О., Зелінська О.В., Бондаренко Д.А., Мосур І.В., Поливода О.В., Рудакова Г.В. та інші науковці переконані, що в умовах сучасного ринку на сільськогосподарських підприємствах необхідно приймати оптимальні рішення, створювати ефективне управління, підвищувати ефективність технологічних процесів, удосконалювати облік і контроль виробничого циклу [5, с. 55]. Оскільки у сформованих умовах зростає потреба науки як генератора науково-технічного прогресу, а необхідність загального розвитку науки тісно пов'язана з науково-технічним розвитком та впровадженням сучасних інформаційних технологій [6, с. 148].

З потребою безперервного зростання сільськогосподарського виробництва інформаційно-комунікаційні технології використовуються в широкому спектрі, що дає можливість оптимізувати та підвищити ефективність

процесів, тому стоїть ще не повністю вирішена задача впровадження нових технологічних рішень в процес інкубації яєць, а окремі аспекти потребують ґрунтовного аналізу та подальших досліджень.

Формулювання мети дослідження

Мета статті – удосконалення інкубаційного процесу реалізуючи концепції IoT технологій в системі автоматичного контролю та регулювання мікрокліматичних параметрів для підвищення продуктивності та максимального виходу молодняку.

Виклад основного матеріалу дослідження

Процес інкубації яєць є одним з найбільш інтенсивним та динамічним процесом, який залежить від багатьох факторів.

Сутність наших досліджень полягала у з’ясуванні шляху удосконалення інкубаційних процесів та виходу максимальної кількості продукції при мінімальних витратах.

Відомо, що виводимість характеризує ембріональну життєздатність птиці і вона багато в чому визначається якістю інкубаційних яєць і режимом інкубації [7, с. 45].

Процес інкубації яєць умовно поділяють на чотири періоди, на кожному з яких, для нормального розвитку ембріонів птиці, потрібно підтримувати відповідні мікрокліматичні показники. В перший період температура в інкубаційній шафі повинна становити 37,8-38 °С, у другий період інкубації біля 37,5-37,7 °С, третій – 37,3-37,5 °С і в останній 37,2 °С. Науковцями було виявлено, що диференційований режим набагато продуктивніший, а ніж традиційний. У зв’язку з цим виникла потреба в удосконаленні процесу інкубації задовільнивши вимоги, які висуваються на сьогоднішній день.

Досконало вивчивши технологію інкубаційного процесу та враховуючи всі фактори збурюючих дій, з метою дотримання основних технологічних норм, реалізуючи сучасний підхід на базі концепцій IoT технологій було розроблено автоматизовану систему для підтримання мікрокліматичних показників в інкубаційній шафі.

Розроблена автоматизована система, головним елементом якої є мікропроцесор, всі високотехнологічні прилади та системи обігріву, вентиляції і обертання лотків, які за допомогою інноваційної технології Інтернету речей взаємодіють між собою, інтегрує в економічно ефективну інтелектуальну систему. Ця система поєднує в собі гнучкість, масштабованість і надійність, легко змінює алгоритм керування та нарощує нові маніпуляції за рахунок одержаної інформації, яка є цінним джерелом для аналізу реального і об’єктивного стану об’єктів та підвищує якість прийнятих рішень. Тобто використання Інтернет речей в процесі інкубації дозволяє системі працювати злагоджено та максимально ефективно, вчасно виявляти негативні явища та швидко їх усувати. Безперечно, застосування Інтернет речей – це нові можливості та ризики. Але спектр реалізації IoT в сільськогосподарському виробництві з кожним роком розширюється, що призводить до більш своєчасного економічно ефективного управління [8, с. 172].

Архітектуру IoT умовно можна представити у вигляді чотирьох блоків: блок виконавчих пристроїв, мережевий блок, блок конкретного керування, прикладний блок. Структурну схему автоматичної системи керування інкубаційною шафою на базі IoT технологій наведено на рис. 1.

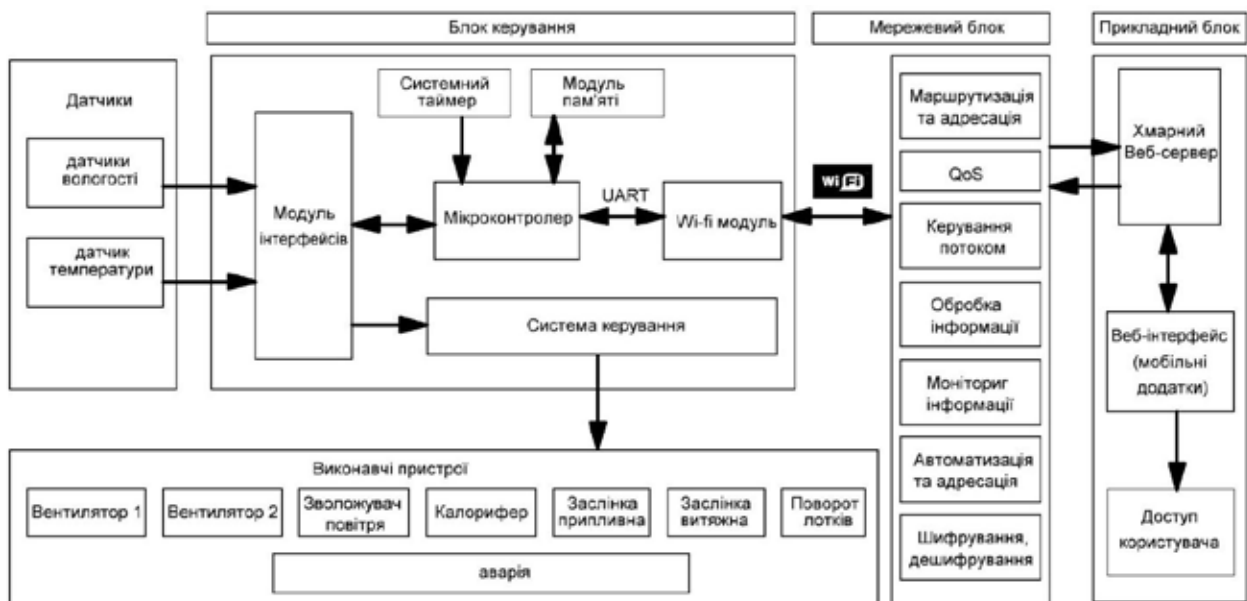


Рис. 1. Структурна схема автоматичної системи керування інкубаційною шафою на базі IoT технологій

Автоматична система одержує інформацію про стан інкубаційної шафи завдяки двом цифровим датчикам, які знаходяться у камері. Один датчик типу DS18B20 вимірює температуру камери, а другий SHT-21D контролює вологість і температуру. Інформацію контролюючих параметрів можна моніторити на рідкокристалічному індикаторі типу SC1602AULT-XH-HS-G. Він ще служить для налаштування параметрів інкубаційної камери.

Блок керування, який базується на мікроконтролері AVR Mega ATmega328 проводить запити про стан контрольованих величин та використовуючи інформацію датчиків генерує команди виконавчим пристроям, які коригують параметри за заданим алгоритмом. Для формування часових інтервалів та збереження інформації вибрано модуль, який поєднує дві функції: годинника реального часу на мікросхемі DS1307 та EEPROM пам'ять на мікросхемі 24C32, що дозволяє відстежувати, вимірювати та зберігати час в годинах, хвилинах та секундах, по роках, датах та місяцях.

Для спрощення підключення навантаження та світлодіодної індикації системи керування вибрано мікросхему ULN2003A, яка запобігає пошкодженню електричних кіл та дозволяє ефективно виконувати комутацію різноманітного навантаження, оскільки створює потужні вихідні ключі і захист від зворотного викиду напруги.

Розроблена автоматична система дозволяє досягти більш точного та стабільного регулювання мікрокліматичних параметрів, виявляти аномальні відхилення системи, зменшувати вплив зовнішніх збурень, моніторити про аварійні стани та для їх усунення вживати відповідних заходів.

Інкубаційна шафа складається з наступних систем (Рис. 2):

- вентиляції, яка служить для циркуляції та рівномірного розподілу теплого повітря;
- аварійної вентиляції, яка вмикається при аварійних ситуаціях;
- відкривання і закривання заслінок, оскільки яйця під час інкубаційного періоду виділяють велику кількість вуглекислого газу, який необхідно видаляти з інкубаційної камери, тобто створювати достатній повітрообмін;
- обертання лотків, що служить для рівномірного обігріву яєць, а також сприяє уникнути прилипання зародків до шкарлупи тому для кожного періоду інкубації самостійно змінюється частота їх повертання;
- зволоження повітря для створення достатньої вологості на всіх стадіях інкубації;
- обігріву інкубаційної шафи, що забезпечує необхідну температуру в інкубаційній камері для нормального розвитку зародка.

При виборі усіх компонентів автоматичної системи проведено аналіз на їх сумісність, надійність та точність.



Рис. 2. Макет інкубаційної шафи

Сучасні інформаційні технології обробляють інформацію за допомогою комп'ютерів, використовуючи різні програмні засоби, бази даних, комп'ютерні мережі для швидкої передачі інформації на великі відстані [5, с. 55]. Аналізуючи різні спеціальні програмні забезпечення було вибрано Home Assistant основною платформою для розробки та оптимізації автоматичної системи. Ця платформа вже протестована при виготовленні автоматичної системи керування побутовими пристроями для підвищення комфортності людей, а оскільки процеси ідентичні то було ухвалене оптимальне рішення рушійною силою вибрати Home Assistant для отримання точних даних та створення ефективного контролю і керування інкубаційними процесами. Home Assistant характеризується своєю гнучкістю та відкритістю, що дозволяє використовувати високотехнологічні пристрої та сервіси різних виробників, а також можна постійно розвивати, розширювати та оновлювати, забезпечуючи довговічність та актуальність системи, що здатна задовільнити сучасні тенденції та вимоги. Платформа Home Assistant є центральним вузлом системи, яка обробляє інформацію отриману від високотехнологічних об'єктів, що об'єднані в єдину екосистему

та взаємодіють між собою. Цей інтерфейс не тільки керує смарт-пристроями, але й виконує налаштування відповідних сценаріїв, моніторить поточний стан контрольованих величин та надає можливість нотувати всі дані режиму інкубації на комп'ютер, який підключається до автоматичної системи і взаємодіє зі всіма високотехнологічними пристроями і виконавчими механізмами за допомогою Wi-Fi 6E та Bluetooth 5.2, що гарантує стабільний бездротовий зв'язок.

Для розширення функціональності Home Assistant використано магазин доповнень за допомогою якого можна встановити ряд додаткових плагінів та інструментів, що надає можливість адаптувати систему у відповідності до потреб.

Розроблена автоматична система працює з реальною чіткістю завдяки датчикам, програмному забезпеченню та прогресивним технологіям, що дозволяє взаємозв'язаним високотехнологічним пристроям та системам обмінюватися інформацією, подібно комп'ютерам, які зв'язуються між собою через Всесвітню павутину. Оскільки сучасна автоматизація є одним з напрямів науково-технічного прогресу, спрямований на застосування саморегульованих технічних засобів, економіко-математичних методів і систем керування [9, с. 127].

Використання подібної системи і інших галузях сільськогосподарського виробництва дозволить забезпечувати проведення аналізу даних, моніторингу різних бізнес-процесів і швидке реагування на зміни у виробничому середовищі [10, с. 69].

Висновки та перспективи подальших розвідок

Автоматична система контролю та регулювання мікрокліматичних параметрів, яка розроблена на концепціях IoT технологій, не тільки підвищує ефективність процесів інкубації яєць, а являється необхідним нововведенням для удосконалення інкубаційної шафи з невеликими витратами на обладнання, окрім цього вирішує багато питань. Адже інформаційні технології мають можливість оптимізувати роботу систем інкубаційної шафи та пропонувати нові рішення завдяки інформації, яку вони дозволяють собі збирати, зберігати, обробляти, аналізувати та реалізувати для створення нових алгоритмів. Ця розробка є найважливішим кроком удосконалення інкубаційних процесів шляхом більш точного автоматичного контролю та регулювання мікрокліматичних параметрів, що підвищує ефективність та якість виведення птахів.

Розроблену автоматичну систему можна використовувати в подальших наукових дослідженнях у сфері інкубації та розвитку ембріонів різних видів птахів.

Список використаної літератури

1. Бондаренко Д.А. Застосування технологій інтернету речей в сільському господарстві. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*. 2022. № 2 (75) С. 61-68.
2. Морозенко В.В., Кошель С.О. Роботизований пристрій з елементами штучного інтелекту. *Мехатронні системи: інновації та інжиніринг: тези доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції Київ: КНУТД, 2023. С. 50.*
3. Нікітчин О.В., Чепюк Л.О. Автоматизована система управління технологічним процесом виробництва йогурту. Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвяченої дню науки. (16-18 травня 2018 р., м. Житомир). Державний університет «Житомирська політехніка», 2018. С. 88-89.
4. Головня О.М., Чемерис Ю.С. Сучасні тренди інноваційності ринку сільськогосподарської техніки в умовах глобального середовища. *Економіка та суспільство*. 2024. В.66. Режим доступу: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4545/4488>.
5. Борян Л.О. Інформаційні технології як інструмент розвитку сільськогосподарських підприємств. : матеріали Причорноморської науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу (26-28 квітня 2017 р., м. Миколаїв). Миколаїв, 2017. С. 55-56.
6. Зелінська О.В., Сухоцька С.М. Використання сучасних інформаційних технологій в агропромисловому комплексі. *Галицький економічний вісник*. 2016. № 2. С. 148-152.
7. Ломако Д.В. Технологія інкубації гусячих яєць в умовах міргородського приватного орендного сільськогосподарського інкубаторно-птахівничого підприємства. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2015. № 4. С. 44-46.
8. Мосур І.В., Поливода О.В., Рудакова Г.В. Моделювання методів розміщення технічного обладнання підсистеми збору даних при дистанційному моніторингу землеробства на основі IoT. *Прикладні питання математичного моделювання*. 2021. Т.4, № 2.1. С. 170-178.
9. Безвесільна О.М., Донцов І.Д. Розумний дім. Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвяченої дню науки. (16-18 травня 2018 р., м. Житомир). Державний університет «Житомирська політехніка», 2018. С. 127-128.
10. Тищенко Д.В., Антипенко Б.А., Антипенко В.П., Неня В.Г. Сучасний стан автоматизації управління виконанням проектувальних робіт. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2024. Вип. 2 (145). С. 68-73.

References

1. Bondarenko D.A. (2022). *Zastosuvannia tekhnolohii internetu rechei v silskomu hospodarstvi [Applications of the internet of things in agriculture]*. Telekomunikatsiini ta informatsiini tekhnolohii. no. 2 (75). pp. 61-68. [in Ukrainian].
2. Morozenko V.V., Koshel S.O. (2023). *Robotyzovanyi prystrii z elementamy shtuchnoho intelektu [A robotic device with elements of artificial intelligence]*. Mekhatronni systemy: innovatsii ta inzhynirynh: tezy dopovidei VII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii Kyiv: KNUTD. pp. 50. [in Ukrainian].
3. Nikitchyn O.V., Chepiuk L.O. (2018). *Avtomatyzovana systema upravlinnia tekhnolohichnym protsesom vyrobnytstva yohurtu [Automated system for managing the technological process of yogurt production]*. Tezy dopovidei Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi on-line konferentsii aspirantiv, molodykh uchenykh ta studentiv, prysviachenoj dnu nauky. (16-18 travnia 2018 r., m. Zhytomyr). Derzhavnyi universytet «Zhytomyrska politekhnik». pp. 88-89. [in Ukrainian].
4. Holovnia O.M., Chemerys Yu.S. (2024). *Suchasni trendy innovatsiinosti rynku silskohospodarskoi tekhniky 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].
5. Borian L.O. (2017). *Informatsiini tekhnolohii yak instrument rozvytku silskohospodarskykh pidpriemstv [Information technologies as a tool for the development of agricultural enterprises]*. : materialy Prychornomorskoi naukovo-praktychnoi konferentsii profesorsko-vykladatskoho skladu (26-28 kvitnia 2017 r., m. Mykolaiv). Mykolaiv. pp. 55-56. [in Ukrainian].
6. Zelinska O.V., Sukhotska S.M. (2016). *Vykorystannia suchasnykh informatsiinykh tekhnolohii v ahropromyslovomu kompleksi [The use of modern information technologies in the agroindustrial complex]*. Halytskyi ekonomichnyi visnyk. no. 2. pp. 148-152. [in Ukrainian].
7. Lomako D.V. (2015). *Tekhnolohiia inkubatsii husiachykh yaiets v umovakh myrhorodskoho pryvatnoho orendnoho silskohospodarskoho inkubatorno-ptakhivnychoho pidpriemstva [Technology of incubation of goose eggs in the conditions of the Myrhorod private rental agricultural hatchery and poultry enterprise]*. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii. no. 4. pp. 44-46. [in Ukrainian].
8. Mosur I.V., Polyvoda O.V., Rudakova H.V. (2021). *Modeliuvannia metodiv rozmishchennia tekhnichnoho obladnannia pidsystemy zborudanykh pry dystantsiinomu monitoringhu zemlerobstva na osnovi IoT [Modeling methods of technical equipment location subsystem of data collection for remote monitoring of agriculture based on IoT]*. Prykladni pytannia matematychnoho modeliuvannia. T.4, no. 2.1. pp. 170-178. [in Ukrainian].
9. Bezvesilna O.M., Dontsov I.D. (2018). *Rozumnyi dim [Smart home]*. Tezy dopovidei Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi on-line konferentsii aspirantiv, molodykh uchenykh ta studentiv, prysviachenoj dnu nauky. (16-18 travnia 2018 r., m. Zhytomyr). Derzhavnyi universytet «Zhytomyrska politekhnik». pp. 127-128. [in Ukrainian].
10. Tyshchenko D.V., Antypenko B.A., Antypenko V.P., Nenia V.H. (2024). *Suchasnyi stan avtomatyzatsii upravlinnia vykonanniam proektuvalnykh robot [Current state of automated management of the design works execution]*. Visnyk KrNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho. vol. 2 (145). pp. 68-73.