Маринченко Євгеній Олегович, доктор філософії, доцент кафедри професійної освіти та технологій сільськогосподарського виробництва Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка, Україна, ORCID: https//orcid.org/0000-0001-9738-2778

Marynchenko Yevhenii Olegovich, Doctor of Philosophy, Associate Professor of the Department of Vocational Education and Technologies of Agricultural Production, Glukhiv National Pedagogical University named after Oleksandr Dovzhenko, Ukraine, ORCID: https//orcid.org/0000-0001-9738-2778

КОНСТРУЮВАННЯ СИСТЕМИ ОБІГРІВУ ВУЛИКІВ НА ОСНОВІ ARDUINO У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ПЕДАГОГІВ ПРОФЕСІЙНОГО НАВЧАННЯ

DESIGNING AN ARDUINO-BASED BEEHIVE HEATING SYSTEM IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE VOCATIONAL EDUCATION TEACHERS

Анотація

Конструювання системи обігріву бджолиних вуликів на основі платформи Arduino відкриває можливості для автоматизації контролю мікроклімату, підвищення ефективності догляду за бджолиними сім’ями та вдосконалення технічних засобів, що використовуються у сучасному бджільництві. Arduino є відкритою апаратно-програмною платформою для розроблення електронних пристроїв, яка дає змогу створювати автоматизовані системи контролю, моніторингу та регулювання температури й вологості у вулику. Використання цієї платформи у процесі конструювання системи обігріву передбачає поєднання мікроконтролера, датчиків температури та вологості, нагрівального елемента й

інших електронних компонентів, які забезпечують отримання інформації про стан внутрішнього середовища вулика та підтримання визначених параметрів мікроклімату. Особливого значення така система набуває під час весняного розвитку бджолиних сімей, коли важливо враховувати температурні умови, вологість і потреби розплоду. Контроль зазначених показників дає змогу своєчасно виявляти небажані зміни мікроклімату та регулювати роботу нагрівального елемента відповідно до встановлених значень. Це створює передумови для вдосконалення догляду за бджолами, зменшення необхідності постійного ручного контролю та підвищення зручності спостереження за умовами їх утримання.

У статті розглянуто особливості конструювання системи обігріву бджолиних вуликів на основі Arduino, призначення її основних компонентів і можливості практичного застосування розробки у бджільництві. Висвітлено функціональні можливості датчиків температури й вологості, принципи отримання та опрацювання вимірюваних даних, а також особливості керування нагрівальним елементом залежно від поточних умов усередині вулика. Звернуто увагу на необхідність урахування конструктивних особливостей вулика, безпечного розміщення електронних компонентів, захисту обладнання від вологи та забезпечення стабільної роботи системи. Окремо розглянуто освітній потенціал такої розробки у професійній підготовці майбутніх педагогів професійного навчання. Проєктування та виготовлення системи обігріву дає змогу поєднати теоретичні знання з електроніки, основ автоматизації, електротехніки й технічного конструювання з розв’язанням практичного завдання у галузі бджільництва.

Ключові слова: Arduino, система обігріву бджолиних вуликів, мікроклімат вулика, датчик температури та вологості, автоматизація бджільництва, професійна підготовка, майбутні педагоги професійного навчання, проєктно-технічна діяльність

Abstract

The design of an Arduino-based beehive heating system offers opportunities to automate microclimate control, improve the efficiency of honey bee colony management, and enhance the technical equipment used in modern beekeeping. Arduino is an open-source hardware and software platform for developing electronic devices that enables the creation of automated systems for controlling, monitoring, and regulating temperature and humidity inside a beehive. The use of this platform in designing a heating system involves integrating a microcontroller, temperature and humidity sensors, a heating element, and other electronic components that provide information about the internal conditions of the beehive and help maintain specified microclimate parameters. Such a system is particularly important during the spring development of honey bee colonies, when temperature conditions, humidity, and brood requirements must be taken into account. Monitoring these parameters makes it possible to detect undesirable changes in the microclimate in a timely manner and regulate the operation of the heating element according to predefined settings. This creates the conditions for improving bee management practices, reducing the need for constant manual monitoring, and facilitating the observation of colony housing conditions.

The article examines the design features of an Arduino-based beehive heating system, the functions of its main components, and the possibilities for its practical application in beekeeping. It describes the functionality of temperature and humidity sensors, the principles of acquiring and processing measurement data, and the specific features of controlling the heating element according to the current conditions inside the beehive. Attention is also drawn to the need to consider the structural characteristics of the beehive, ensure the safe placement of electronic components, protect the equipment against moisture, and maintain the stable operation of the system. Particular attention is paid to the educational potential of this development in the professional training of future vocational education teachers. Designing and

constructing a heating system makes it possible to combine theoretical knowledge of electronics, automation fundamentals, electrical engineering, and technical design with the solution of a practical problem in beekeeping. During project implementation, students can improve their skills in selecting electronic components, assembling electrical connections, taking measurements, analysing the results obtained, and testing the functionality of the developed device.

Key words: Arduino, beehive heating system, beehive microclimate, temperature and humidity sensor, beekeeping automation, professional training, future vocational education teachers, project-based technical activities.

Problem statement (постановка проблеми). Підготовка майбутніх педагогів професійного навчання передбачає формування вмінь застосовувати сучасні технічні засоби, конструювати пристрої та проводити науково-дослідну роботу. Одним із напрямів такої діяльності може бути розроблення системи обігріву бджолиних вуликів на основі платформи Arduino з можливістю контролю температури та вологості.

Використання мікроконтролерних систем дає змогу створювати доступні технічні рішення для автоматизації окремих процесів у бджільництві. Зокрема, вимірювання параметрів мікроклімату та керування нагрівальними елементами можуть бути основою для дослідження можливостей регулювання температурного режиму вулика на початку весняного розвитку бджолиних сімей.

Конструювання такої системи в освітньому процесі сприяє поєднанню теоретичних знань із практичною діяльністю. Майбутні педагоги професійного навчання можуть долучатися до добору електронних компонентів, підключення датчиків, розроблення алгоритму керування, програмування мікроконтролера та експериментальної перевірки розробленого пристрою. Це створює умови для розвитку технічного мислення, дослідницьких умінь і здатності розв’язувати практичні інженерні завдання.

Отже, актуальність проблеми зумовлена необхідністю вдосконалення професійної підготовки майбутніх педагогів шляхом залучення до конструювання автоматизованих систем, які мають практичне застосування в аграрному виробництві, зокрема у бджільництві.

Analysis of recent research and publications (аналіз останніх досліджень і публікацій).Аналіз наукових і технічних джерел засвідчує перспективність використання мікроконтролерних платформ для моніторингу параметрів навколишнього середовища та автоматизації технологічних процесів. Зокрема, Arduino дає змогу створювати системи збору даних із датчиків температури, вологості та інших показників, передавати й відображати отриману інформацію, а також керувати виконавчими пристроями відповідно до заданих алгоритмів.

У бджільництві такі технології можуть застосовуватися для спостереження за мікрокліматом усередині вулика, контролю зовнішніх умов і дослідження змін температурно-вологісного режиму. Важливим напрямом є також використання платформи Arduino у професійній освіті. Виконання практичних проєктів дає змогу майбутнім педагогам професійного навчання опановувати основи електроніки, програмування, конструювання та автоматизації.

Попри широкі можливості використання мікроконтролерних технологій, актуальним залишається питання їх цілеспрямованого залучення до професійної підготовки майбутніх педагогів. Зокрема, потребує практичного опрацювання методика конструювання системи обігріву бджолиних вуликів із контролем температури та вологості як навчально-дослідного проєкту, що поєднує технічну творчість, експериментальну діяльність і розв’язання прикладних завдань бджільництва.

Purpose of the article (мета статті). Обґрунтувати можливості конструювання системи обігріву бджолиних вуликів на основі платформи Arduino та визначити її освітній потенціал у процесі професійної підготовки майбутніх педагогів професійного навчання.

Presentation of the main material of the study (виклад основного матеріалу дослідження). Одним із перспективних напрямів використання сучасних електронних технологій у бджільництві є конструювання системи обігріву бджолиних вуликів із можливістю контролю температури та вологості. Реалізація такого проєкту на основі платформи Arduino має практичне значення для бджільництва та професійної підготовки майбутніх педагогів професійного навчання. Розроблення пристрою дає змогу поєднати знання з електроніки, програмування, технічного конструювання й автоматизації з розв'язанням практичних виробничих завдань [1].

Особливого значення контроль мікроклімату набуває на початку весняного розвитку бджолиних сімей, коли після зимівлі поступово активізуються життєві процеси та починається вирощування розплоду. У цей період важливо враховувати зовнішні температурні умови, стан бджолиної сім'ї, наявність кормових запасів і конструктивні особливості вулика. Тому розроблення автоматизованої системи має передбачати не лише обігрів, а й спостереження за параметрами внутрішнього середовища.

Одним із важливих напрямів використання платформи Arduino є моніторинг температури та відносної вологості повітря всередині вулика. Ці показники характеризують стан мікроклімату й дають змогу простежувати його зміни залежно від зовнішніх умов і життєдіяльності бджолиної сім'ї. Своєчасне отримання відповідної інформації допомагає бджоляру оцінювати умови утримання бджіл і визначати необхідність додаткового спостереження або коригування роботи обладнання.

Для реалізації цього завдання можна використовувати платформу Arduino UNO та цифровий датчик DHT22, який вимірює температуру й відносну вологість повітря. Датчик передає отримані дані до мікроконтролера, де вони можуть використовуватися для відображення поточних показників і подальшого керування системою обігріву. Завдяки доступності компонентів така конструкція

може застосовуватися як у практичному бджільництві, так і в навчально-дослідних проєктах [3].

Альтернативою є датчик DHT11, який має нижчу вартість, проте поступається DHT22 за точністю та діапазоном вимірювання. Вибір конкретного датчика залежить від вимог до пристрою, умов експлуатації та необхідної достовірності результатів. Для тривалого використання у вулику також потрібно враховувати вплив вологи, конденсату, пилу й температурних коливань на роботу електронних компонентів.

У процесі професійної підготовки майбутні педагоги професійного навчання можуть досліджувати принцип роботи датчиків, здійснювати їх підключення до мікроконтролера та порівнювати отримані показники за різних умов. Важливим завданням є визначення місця розташування вимірювальних елементів, оскільки датчик, установлений поблизу нагрівального елемента, може показувати температуру, яка не характеризує стан повітря в інших частинах вулика.

Отримані показники температури та вологості можуть використовуватися для спостереження за змінами мікроклімату в часі. За наявності засобів збереження інформації дані можна порівнювати за різні періоди, аналізувати залежність температури від зовнішніх умов і визначати особливості роботи розробленого пристрою. Такий підхід створює основу для проведення експериментальних досліджень і вдосконалення конструкції.

Основним технічним завданням дослідження є конструювання системи, здатної регулювати обігрів залежно від виміряної температури. Її функціонування ґрунтується на взаємодії датчиків, мікроконтролера та нагрівального елемента. Arduino отримує дані про температурний режим і керує нагріванням через відповідний електронний комутаційний пристрій.

До складу системи можуть входити плата Arduino UNO, датчики температури та вологості, нагрівальний елемент, комутаційний пристрій, джерело живлення, з’єднувальні провідники й захисний корпус для електронних

компонентів. За необхідності конструкцію можна доповнити дисплеєм для відображення поточних показників, світловою індикацією та засобами реєстрації вимірювань. Така комплектація дає змогу автоматизувати обігрів і контролювати основні параметри функціонування пристрою.

Робота системи передбачає автоматичне ввімкнення та вимкнення нагрівального елемента відповідно до заданих температурних меж. Це дає змогу підтримувати необхідний температурний режим і зменшити потребу в постійному ручному контролі. Водночас температурні параметри мають визначатися з урахуванням біологічних особливостей бджолиної сім'ї, наявності розплоду, конструкції вулика та умов утримання.

Система обігріву повинна бути допоміжним засобом контролю мікроклімату, а не заміною природної терморегуляції бджолиної сім'ї. Особливу увагу слід приділяти рівномірності передавання тепла, недопущенню локального перегрівання та збереженню належного повітрообміну. Для підвищення надійності розробки необхідно передбачити захист від перегрівання, контроль справності датчиків і безпечне розміщення нагрівального елемента.

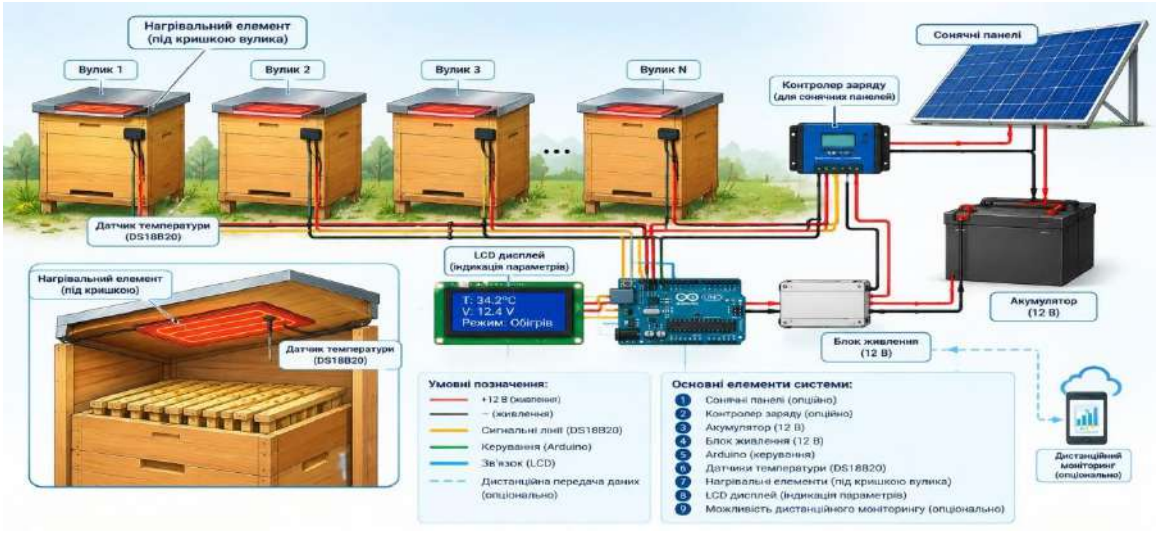


Рис. 1. Загальний вигляд системи обігріву бджолиного вулика на основі Arduino.

Конструювання системи створює можливості для дослідження впливу різних технічних рішень на її функціонування. Зокрема, можна порівнювати температурні показники за різного розташування датчиків, оцінювати стабільність роботи нагрівального елемента та визначати особливості зміни мікроклімату за різних зовнішніх температур. Результати досліджень можуть бути використані для вдосконалення конструкції та підвищення точності регулювання.

Подальше вдосконалення системи може передбачати розширення переліку показників, які контролюються під час експлуатації вулика. Наприклад, використання тензодатчика з відповідним електронним модулем дає змогу вимірювати масу вулика та спостерігати за її змінами. Такі дані можуть допомагати оцінювати витрати кормових запасів і загальну динаміку маси бджолиної сім'ї.

Додатковим напрямом є контроль концентрації вуглекислого газу за допомогою спеціалізованих датчиків. Такі вимірювання можуть бути корисними для дослідження умов повітрообміну всередині вулика. Для цього необхідно використовувати датчики, призначені саме для вимірювання концентрації CO_2, і враховувати їхні технічні характеристики.

Зібрані показники температури, вологості, маси та концентрації газів можуть використовуватися для комплексного аналізу умов утримання бджолиної сім'ї. Водночас упровадження кожного додаткового датчика потребує визначення його призначення та перевірки точності. На початковому етапі доцільно зосередитися на контролі температури й вологості та регулюванні обігріву, а розширення функціональних можливостей здійснювати після перевірки основної конструкції.

У межах науково-дослідної діяльності майбутні педагоги професійного навчання можуть визначати, які додаткові показники є найбільш важливими для конкретного дослідження, порівнювати можливості різних датчиків і

обґрунтовувати вибір компонентів. Така діяльність сприяє формуванню вмінь аналізувати технічну інформацію, приймати конструкторські рішення та оцінювати ефективність запропонованих удосконалень [2].

Конструювання системи обігріву бджолиних вуликів на основі Arduino може бути організоване як навчально-дослідний проєкт, що поєднує практичні технічні завдання з формуванням професійних компетентностей майбутніх педагогів професійного навчання. Особливістю такого проєкту є його прикладна спрямованість: здобувачі освіти працюють над створенням пристрою, який має конкретне призначення та може використовуватися для дослідження технологічних процесів у бджільництві.

Під час роботи над проєктом здобувачі освіти визначають призначення пристрою, добирають електронні компоненти, беруть участь у розробленні конструкції, здійснюють монтаж і налаштування обладнання. Важливою частиною роботи є перевірка працездатності системи, аналіз результатів вимірювань і визначення напрямів подальшого вдосконалення.

Виконання такого проєкту сприяє поглибленню знань з електроніки, програмування, технічної творчості й автоматизації. Майбутні педагоги професійного навчання набувають досвіду роботи з мікроконтролерами, датчиками та електронними компонентами, вчаться аналізувати технічні характеристики обладнання, обґрунтовувати конструктивні рішення й оцінювати результати експериментів. Водночас розвиваються навички планування дослідницької діяльності, пошуку інформації, оформлення результатів і представлення власних технічних розробок.

Експериментальну перевірку розробленого пристрою доцільно спочатку проводити в лабораторних умовах без бджолиної сім’ї. На цьому етапі перевіряють правильність показників датчиків, стабільність роботи системи, реакцію нагрівального елемента на зміну температури та надійність захисних механізмів. Подальші дослідження можуть передбачати вивчення роботи

системи за контрольованих умов із дотриманням вимог безпеки та благополуччя бджіл.

Отримані результати можуть використовуватися для підготовки навчальних матеріалів, проведення лабораторних і практичних занять, організації технічної творчості та керівництва дослідницькими проєктами здобувачів професійної освіти. Набутий досвід також може стати основою для розроблення інших автоматизованих пристроїв аграрного спрямування.

Таким чином, конструювання системи обігріву бджолиних вуликів на основі Arduino є перспективним напрямом поєднання технічної творчості, науково-дослідної діяльності та професійної підготовки майбутніх педагогів. Практична спрямованість проєкту сприяє розвитку дослідницьких і проєктно-технічних умінь, поглибленню знань про автоматизацію виробничих процесів і вдосконаленню технічних засобів у бджільництві.

Conclusions (висновки). Конструювання системи обігріву бджолиних вуликів на основі платформи Arduino дає змогу автоматизувати контроль температури та вологості, оптимізувати процес регулювання мікроклімату й полегшити спостереження за умовами утримання бджолиних сімей на початку весняного розвитку. Застосування датчиків і мікроконтролера створює передумови для своєчасного отримання даних та керування нагрівальним елементом відповідно до заданих параметрів.

Використання такої розробки в професійній підготовці майбутніх педагогів професійного навчання сприяє формуванню дослідницьких, проєктно-технічних і практичних умінь. Робота над створенням системи дає змогу поєднати знання з електроніки, програмування та технічного конструювання з розв’язанням прикладних завдань бджільництва.

Список використаних джерел

1. Маринченко Є. О., Толмачов В. С. Залучення здобувачів вищої освіти до проєктно-дослідницької діяльності у ЗВО. *Науковий журнал «Інноваційна педагогіка».* ПУ «Причорноморський науково-дослідний інститут економіки та інновацій», 2022. № 52 2022. С. 208.

2. Рябко, А.; Толмачов, В. Обчислення похибок саморобних фізичних приладів з цифровими і аналоговими датчиками. Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету, 2019, 7: 56-68.

3. Толмачов В. С., Маринченко Є. О. Практичне використання платформи arduino у бджільництві. *«Наука і техніка сьогодні» (Серія «Техніка»)»: журнал.* 2024. № 11(39) 2024. С. 1064-1073.

References:

1. Marynchenko Ye. O., Tolmachov V. S. (2022). Zaluchennia zdobuvachiv vyshchoi osvity do proektno-doslidnytskoi diialnosti u VNZ. [Involvement of students of higher education in project-research activities in higher education institutions]. Naukovyi zhurnal «Innovatsiina pedahohika». PU «Chornomorskyi naukovo-doslidnyi instytut ekonomiky ta innovatsii». 2022. No. 52. 165–172. [in Ukrainian].

2. Riabko, A.; Tolmachov, V. Obchyslennia pokhybok samorobnykh fizychnykh pryladiv z tsyfrovymy i analohovymy datchykamy. Vidkryte osvitnie e-seredovyshche suchasnoho universytetu, 2019, 7: 56-68. [in Ukrainian].

3. Tolmachov V. S., Marynchenko Ye. O. (2024). Praktychne vykorystannia platformy Arduino u bdzhilnytstvi. [Practical use of the Arduino platform in beekeeping]. Nauka i tekhnika sohodni (Seriia «Tekhnika»). 2024. No. 11(39). 1064–1073. [in Ukrainian].