

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Факультет інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем

Мулик Тарас Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 638.12:621.38:681.586

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Розроблення апаратного та технічного забезпечення системи контролю життєвих параметрів колонії медоносних бджіл

(назва роботи)

Комп'ютеризовані системи управління та автоматика

(назва освітньої програми)

174-Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

(шифр і назва спеціальності)

Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело:

Здобувач освітнього ступеня _____ **Т.В. Мулик**
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник _____ **Левицький Іван Теодорович, к.т.н., доцент**
(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри

_____ **Заміховський Л.М.**
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Івано-Франківськ – 2026

АНОТАЦІЯ

У магістерській роботі розглянуто проблему автоматизованого моніторингу життєвих параметрів колонії медоносних бджіл для підвищення ефективності бджільництва. Об'єктом є апаратне забезпечення систем контролю біологічних процесів, предметом – методи інтеграції мікроконтролерів, датчиків та інтерфейсів.

Мета – розроблення апаратного забезпечення автономної системи контролю параметрів колонії з акцентом на енергоефективність. Завдання: аналіз існуючих систем; вибір компонентів; розробка структурної схеми; оцінка енергоспоживання; верифікація прототипу.

Методи: системний аналіз джерел, моделювання схем, експериментальне тестування датчиків, статистична обробка даних.

Результат: запропоновано систему на базі ATXMEGA256A3U з датчиками MAX9814, SCD30, BME280, HX711, VL6180X, RCWL-9196, дисплеєм ILI9341, microSD та ESP-07. Живлення – сонячна панель з MPPT, споживання <15 мА, автономність >30 днів. Верифікація підтвердила точність: CO₂ ±30 ppm, вага ~0,01 кг.

Новизна: інтеграція багатоканального моніторингу з FFT на мікроконтролері для автономної системи. Практичне значення: прототип для пасік, масштабування для агросектору.

ANNOTATION

The master's thesis considers the problem of automated monitoring of the vital parameters of a honey bee colony to improve the efficiency of beekeeping. The object is the hardware of biological process control systems, the subject is methods of integrating microcontrollers, sensors and interfaces.

The goal is to develop hardware for an autonomous colony parameter control system with an emphasis on energy efficiency. Tasks: analysis of existing systems; selection of components; development of a structural diagram; assessment of energy consumption; verification of the prototype.

Methods: system analysis of sources, circuit modeling, experimental testing of sensors, statistical data processing.

Result: a system based on ATXMEGA256A3U with MAX9814, SCD30, BME280, HX711, VL6180X, RCWL-9196 sensors, ILI9341 display, microSD and ESP-07 is proposed. Power supply - solar panel with MPPT, consumption <15 mA, autonomy >30 days. Verification confirmed accuracy: CO₂ ±30 ppm, weight ~0.01 kg.

Novelty: integration of multi-channel monitoring with FFT on a microcontroller for an autonomous system. Practical significance: prototype for apiaries, scaling for the agricultural sector.

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка: 84 сторінки, 33 малюнки, 2 таблиці, 26 посилань.

Об'єктом дослідження є апаратне та технічне забезпечення систем моніторингу життєвих параметрів колонії медоносних бджіл, включаючи датчики для їх контролю.

Мета роботи – розроблення апаратного та технічного забезпечення автономної системи контролю життєвих параметрів колонії медоносних бджіл з використанням мікроконтролерних технологій, датчиків для багатоканального моніторингу, інтерфейсів для візуалізації та передачі даних, з акцентом на енергоефективність та автономність роботи протягом сезону.

У першому розділі роботи проведено всебічний аналіз проблематики моніторингу життєвих параметрів бджолиних колоній, включаючи огляд існуючих апаратних рішень для діагностики стану сімей, аналіз їх переваг та недоліків. Досліджено сучасні вітчизняні та зарубіжні системи автоматизованого моніторингу пасік, виконано порівняльний аналіз їх апаратних компонентів, таких як датчики, мікроконтролери та модулі зв'язку.

У другому розділі здійснено детальний вибір та дослідження апаратних елементів системи. Виконано обґрунтований вибір мікроконтролерної платформи, датчиків, дисплея та елементів живлення.

У третьому розділі проведено комплексний аналіз отриманих результатів, включаючи експериментальну верифікацію розробленої апаратної системи на реальних прототипах..

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ, БДЖОЛИНА СІМ'Я, АЛГОРИТМ, СПЕКТРОАНАЛІЗ, WEB-СЕРВЕР, ШВИДКЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є.

ABSTRACT

Solving and explanatory note: 84 pages, 33 figures, 2 tables, 26 references.

The object of the study is the hardware and technical support of the systems for monitoring the vital parameters of a honey bee colony, including sensors for their control.

The purpose of the work is to develop hardware and technical support for an autonomous system for monitoring the vital parameters of a honey bee colony using microcontroller technologies, sensors for multi-channel monitoring, interfaces for visualization and data transfer, with an emphasis on energy efficiency and autonomy of operation during the season.

In the first section of the work, a comprehensive analysis of the issues of monitoring the vital parameters of bee colonies is carried out, including a review of existing hardware solutions for diagnosing the state of families, an analysis of their advantages and disadvantages. Modern domestic and foreign automated apiary monitoring systems are studied, a comparative analysis of their hardware components, such as sensors, microcontrollers and communication modules, is performed.

In the second section, a detailed selection and study of the hardware elements of the system is carried out. A reasonable choice of the microcontroller platform, sensors, display and power supplies is made.

In the third section, a comprehensive analysis of the results obtained is carried out, including experimental verification of the developed hardware system on real prototypes..

MONITORING SYSTEM, BEE FAMILY, ALGORITHM,
SPECTROANALYSIS, WEB SERVER, FAST FOURIER TRANSFORM.

ЗМІСТ

	с.
ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ БДЖОЛИНОЇ КОЛОНІЇ	13
1.1 Методика і проблеми сучасного бджільництва	13
1.2 Аналіз сучасних систем моніторингу бджолиних колоній	18
1.3 Постановка задачі	26
2 РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ КОЛОНІЇ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ	29
2.1 Розроблення функціональної схеми та вибір елементної бази системи	29
2.2 Вибір елементної бази підсистеми вимірювання	35
2.3 Вибір елементної бази підсистеми відображення даних	48
2.4 Вибір елементної бази підсистеми зв'язку	52
2.5 Вибір центрального мікроконтролера	61
3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЖИТТЄВИХ ПАРАМЕТРІВ БДЖОЛИНОЇ СІМ'Ї	67
3.1 Опис розробленої друкованої плати	67
3.2 Монтаж компонентів друкованої плати	71
3.3 Опис роботи пристрою і системи в цілому	75
ВИСНОВКИ	78
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА	79
БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА	83

КРМ.АКСм-16.00.00.000ПЗ									
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Розроблення апаратного та технічного забезпечення систе- ми контролю життєвих пара- метрів колонії медоносних сім'ї	Лім.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Мулик						6	83
Перев.		Левицький							
Н. контр.		Возний					ІФНТУНГ <i>зр.АКСм-24-1</i>		
Затв.		Заміховський							

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

- МК – Мікроконтролер
ПК – Персональний комп'ютер
ФС – Функціональна схема
Д – Давач

					<i>КРМ.АКМм-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Бджолина сім'я — цілісна біологічна одиниця, суперорганізм, який складається з робочих бджіл і матки між якими існує тісний взаємозв'язок. Жити окремо без сім'ї індивідуальна особина нездатна довго. Це жіночі особини. Тимчасово, протягом кількох місяців весняно-літнього періоду, в ній проживають трутні — самці, які виплоджуються для спаровування з молодими матками. У різні пори року загальна кількість бджіл у сім'ї становить від 20 до 80 тис. У дуже сильних сім'ях їх до 100 тис. і більше. Необхідні умови життя вони забезпечують спільною діяльністю: створюють необхідний режим температури і вологості в гнізді для розвитку і життя всіх її членів, збирають і заготовляють запас корму, здійснюють будівельні роботи, захищають від ворогів і збудників захворювань. Функціональна діяльність матки після спаровування з трутнями забезпечує відтворення потомства. В природних умовах бджолині сім'ї розмножуються роїнням.

Для бджолиної сім'ї характерний поліморфізм — тобто існування у формі трьох особин, які розрізняються будовою і виконуваними функціями. Поділ функцій між маткою і робочими бджолами підвищує продуктивність бджіл завдяки спеціалізації у самок окремих органів, наприклад яєчників, хоботка, кошичків, восковидільних залоз. Сім'ї бджіл властива висока плодючість. Протягом року з відкладених маткою яєць розвивається 150—200 тис. особин (переважно робочих бджіл). Тому від племінної самки можна одержати тисячі високопродуктивних маток, що у процесі використання даватимуть цінне потомство. Бджолині сім'ї здатні ділитися і утворювати нові сім'ї (по кілька протягом сезону). У бджолиних сім'ях існує чіткий поділ функцій між індивідуумами. Так, у періоди виділення рослинами великої кількості нектару з усіх функцій найсильніше проявляється інстинктивна діяльність, спрямована на заготівлю запасів меду. Є в житті сім'ї періоди найінтенсивнішого

					<i>КРМ.АКММ-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

розмноження, глибокого спокою. Залежно від потреби сім'я регулює збирання білкового корму — пилку. Навесні можуть приносити його у гніздо понад 80 %, а під час медозбору — лише близько 5 % збирачок.

У бджолиній сім'ї здійснюється постійний обмін інформацією, завдяки чому бджоли швидко реагують на втрату матки, загрозу від ворогів, виявлення джерел корму тощо [1]. Така особливість життя сім'ї дає змогу поліпшувати умови існування і протистояти несприятливим умовам зовнішнього середовища. Сім'я бджіл регулює мікроклімат у гнізді. В холодну пору року бджоли розміщуються на стільниках щільніше, зменшуючи виділення тепла. При потеплінні та в спеку посилюється вентиляція, в гнізді підтримується постійна температура (35 °С). Найбільш життєздатними і цінними у плані господарському вважаються сильні сім'ї. Навесні бджоли в таких сім'ях обсиджують не менш ніж 9 стандартних стільників. Фізіологічне навантаження на робочі особини, спрацювання їх у сильних сім'ях менші, а їхня продуктивність вища, ніж у слабких. Взимку витрата корму на обігрівання гнізда з розрахунку на одиницю маси сильних сімей зменшується. Тому утримання сімей сильними стало основним правилом пасічництва.

Матка — це розвинена жіноча особина, запліднена, і відіграє важливу роль у бджолиній сім'ї: відтворює потомство бджіл. Зовні вона помітно відрізняється від інших членів сім'ї збільшеним розміром тіла, особливо видовженим черевцем. Довжина тіла — 20—25 мм. Маса плідних маток — 200—250 мг. Матка втратила здатність виконувати інші функції, у неї немає кошичків для збирання пилку, хоботок удвоє коротший, ніж у робочої бджоли, у черевці не розвиваються залози для виділення воску. Однак вона має високу продуктивність при відкладанні яєць: протягом сезону від неї можна мати до 150—200 тис. потомків. З внутрішніх органів у матки найрозвиненіша статевая система. У видовженому черевці розміщуються два яєчники, кожний з яких складається з 120—200 яйцевих трубочок (Г. А. Аветисян). Природне осіменіння матки відбувається під час одного або

					<i>КРМ.АКММ-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

кількох вильотів її в молодому віці. Паруватися вона здатна через 7 днів після виходу з маточника. Найчастіше у спермоприймач потрапляє сперма 6—8 трутнів, де вона зберігає життєздатність до кінця життя матки. Для зустрічі з трутнями матка здійснює вильоти на 1—2 км, зрідка на 5 км і більше (zareєстровані випадки повернення у вулик спарованих маток з польотів на відстань 13 км). Якщо з яких-небудь причин протягом місяця матка лишилася незаплідненою, то вона втрачає здатність спаровуватися і стає неплідною — починає відкладати незапліднені яйця, з яких виводяться трутні. Після осіменіння матка з вуликів ніколи не влітає, за винятком природного роїння. Готуючись до вильоту з роєм, вона тимчасово припиняє відкладання яєць.

Робочі бджоли формують основу бджолої сім'ї, вони практично забезпечують її життєдіяльність. Це жіночі особини, які мають недорозвинену статеву систему і тому втратили здатність до відтворення потомства. З трутнями вони не спаровуються. Широка функціональна діяльність робочих бджіл забезпечується розвитком інших органів. Так, порівняно з маткою у робочих бджіл у два рази довший хоботок, виникли восковидільні залози, добре розвинулась підглоткова залоза, на гомілках третьої пари ніг з'явилися кошики для складання пилку. Довжина тіла робочої бджоли 12—14 мм, маса 85—110 мг. Отже, в 1 кг їх в середньому до 10—12 тис. Після виходу з комірки, в перші 2—3 тижні життя, бджоли виконують роботи у вулику: чистять комірки стільників, обігрівають розплід, годують личинок, готуючи їм кашку та виділяючи молочко. Згодом бджоли починають виконувати нові види робіт: виготовляють мед з нектару, будують стільники, забезпечують вентиляцію і охорону гнізда. Молоді бджоли, починаючи з 5—7 дня, здійснюють короткочасні вильоти опівдні. За сприятливої погоди вони дружно літають перед вуликом і навкруги нього, привчаючись до орієнтування у просторі. Поступово в них виробляється рефлекс на місце, куди вони потім повертаються, не блукаючи між вуликами. Тому не можна переставляти вулики з бджолами на території пасіки або перевозити їх на близькій відстані — до 3 км.

					<i>КРМ.АКММ-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Первозять бджіл звичайно на відстані 4 км і більші. На новому місці бджоли знову починають орієнтувальні вильоти.

Запропонована дозволить здійснити віддалений контроль за біологічними параметрами бджолиної сімї.

					<i>КРМ.АКМм-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						11
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ

1.1 Бджолина сім'я як об'єкт моніторингу

Бджолина сім'я є високоорганізованою спільнотою матки-матері та її потомства - робочих бджіл (у літній період ще й трутнів). Морфологічна диференціація цієї спільноти підпорядкована інтересам усієї сім'ї. Окремі особини, навіть за наявності найсприятливіших умов, не здатні до тривалого існування поза сім'єю.

Розмноження бджолиних сімей. Матки та робочі бджоли виводяться із запліднених яєць, трутні - з незапліднених (тобто партеногенетично). Спарювання маток і трутнів відбувається у повітрі, іноді на значній відстані від пасіки (до 8-10 км), при температурі не нижче 23 - 25 °С в тіні. Матка спарюється не з одним, а з кількома трутнями (до 10).

Розмноження бджолиних сімей у природних умовах здійснюється шляхом роїння, тобто відділенням від сім'ї старої матки та частини бджіл, що поселяються в задалегідь знайденому бджолами-розвідницями житло (дупло дерева, ущелині скелі і т. д.). Перший рій (первак) виходить із вулика зі старою плодовою маткою, другий (вторак) - з молодою неплодною роєвою і т.д.

У пасічних умовах розмноження бджіл йде шляхом формування відводків штучних роїв, хоча частково може бути використане і природне роїння. Бджоляр-фермер, особливо напівпрофесіонал, не може щодня з ранку до вечора перебувати на своїй пасіці, тому він повинен орієнтуватися виключно на формування відводків, тому що за його відсутності частина сімей може зроїтися, тобто стати дуже слабкими в результаті роїння, а рої - злетіти з пасіки, що завдасть значної шкоди бджільництву [1].

Щоб своєчасно сформувати необхідну кількість повноцінних відводків, необхідно мати на пасіці сильні сім'ї бджіл, а також відповідну кількість плодових чи неплодних маток.

					<i>KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Формування відводків на плодових маток вигідніше, тому що вони відразу ж починають вирощувати розплід та сім'ї швидко посилюються. Для цього до призначеного терміну або виписують відповідну кількість плодових бджолиних маток із спеціалізованого бджільницького господарства, або одержують їх на власній пасіці за допомогою маломірних нуклеусів. Можна формувати відводок і на неплодні матки, але в цьому випадку вони почнуть інтенсивно вирощувати розплід тільки після їх запліднення, тобто приблизно через 2-3 тижні. Відводок, сформований на неплодну матку, до її запліднення правильніше було б називати нуклеусом.

При роботі з відводками треба пам'ятати, що чим раніше і якісніше вони будуть сформовані, тим більшу силу вони наростять до головного медозбору і тим більше меду зберуть.

Сильні сім'ї збирають значно більше меду, ніж слабкі, як на сім'ю загалом, так і на вуличку бджіл. Витрати на будівництво пасічних приміщень та придбання засобів механізації будуть окупатися, тобто давати прибуток лише за наявності на пасіці сильних, високопродуктивних сімей. Для догляду за сильною сім'єю потрібно значно менше витрат часу, ніж для виходжування слабкої, яку, особливо у весняний період, дуже важко зберегти без невпинної турботи про неї (регулярні підсилення, розширення гнізда по одній рамці, підживлення малими дозами цукрового сиропу та ін.). Отже, бджоляр, який вміє підтримувати силу бджолиних сімей на високому рівні, може обслужити значно більше, ніж той, хто змушений рятувати від загибелі слабкі сім'ї. Сильні сім'ї набагато краще зимують, більш витривалі, менш схильні до різних захворювань. Слабкі сім'ї зазвичай гинуть взимку чи провесною. Слабкі сім'ї, що перезимували, не можуть вирощувати своїх личинок і підтримувати нормальний температурний режим у своєму гнізді. Саме тому у робочих бджіл із слабких сімей укорочена тривалість життя, що пояснюється недоліком запасів енергетичних речовин у тілі, слабкий розвиток мускулатури, менші розміри тіла та медового зобика, менша дальність польоту тощо.

					<i>KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Важливу роль відіграє вік матки. Тривалість її життя 4 - 5 років, але тільки перші 2 роки її плодючість перебуває на досить високому рівні. Тому після закінчення цього терміну її рекомендують замінити на молоду. Щорічно на пасіці змінюють маток у 50 % сімей, що перезимували, тобто всіх тих, яким виповнилося 2 роки, а тих з них, яким виповнився лише рік, залишають до наступного сезону, тобто ще на рік. У бджолярів-передовиків у зиму йде 70-80% (а іноді 90% і більше) бджолиних сімей та відводків із цьогорічними матками. Справа в тому, що з молодими матками сім'ї бджіл зимують краще, ніж зі старими, тому що вони більше відкладають яєць наприкінці сезону [1].

Найцінніші корми для бджіл - нектар та пилок. У місцевостях, де навесні відчувається нестача в пилку і немає можливості перевезти пасіку до її джерел, для прискореного розвитку бджолиних сімей і вирощування повноцінних бджіл сім'ям підставляють пергові стільники, заготовлені в минулому сезоні (не можна допускати їх проморожування!), або згодовують різні білкові суміші. замітники натуральних білкових кормів.

Мікроклімат у гніздах бджолиних сімей. Бджоли витрачають значну кількість корму та енергії на підтримку оптимальних температур (взимку 14-28⁰С, а влітку 34-35⁰С) та вологості повітря (50-80 %) у своїх гніздах. Якщо температура опускається нижче оптимальної, вони поїдають більше корму і підвищують виділення теплової енергії до відповідного рівня. При підвищенні температури вони змушені посилювати вентиляцію гнізда, знову ж таки підвищуючи при цьому витрати корму як джерела необхідної для цього енергії. У разі високої вологості повітря у гнізді бджоли мають підвищити виділення тепла, а також посилити вентиляцію. При низькій вологості повітря вони посилюють принос води у вулик, яка, випаровуючись, підвищує вологість до оптимальної норми. Отже, умови утримання бджолиних сімей та догляд за ними повинні бути такими, щоб витрати корму та енергії бджіл були мінімальними. Тому вулики повинні бути сухими, ретельно прошпакльованими і добре забарвленими, включаючи зовнішній бік. У весняний (особливо в

					<i>KPM.AKMM-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ранньовесняний) період, коли бджоли витрачають багато корму та енергії на підтримку температурного режиму, гніздо має бути ретельно утеплене, верхній льоток закритий, а у нижнього провіт обмежують до 3-5 см, рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд бджолиного вулику

Після закінчення головного медозбору, а точніше - під час попереднього складання гнізд на зиму, знімають усі надставки (корпусні та магазинні), верхній льоток закривають, а нижній зменшують відповідно до сили сім'ї.

Пасіка повинна мати надійне прикриття від холодних вітрів, особливо в осінній та весняний періоди, що остуджують гнізда, сприяють кристалізації корму.

Протягом місяця після виставки бджіл інших сімей із зимівника відбувається повна заміна старих бджіл, що перезимували, на молодих. Після цього основні завдання бджоляра в цей період зводяться до наступного:

- підтримувати запаси вуглеводних кормів у межах 8-10 кг на сім'ю;
- своєчасно сформувати сильні, повноцінні відводки;
- своєчасно застосовувати протиросеві прийоми, щоб утримати у робочому стані сильні бджолині сім'ї на початок головного медозбору.

					<i>KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Оскільки бджоляр-фермер повинен не тільки отримати від кожної сім'ї максимум меду та іншої продукції, а й обслужити якомога більше бджолиних сімей, йому слід якнайшвидше перейти від їх індивідуального обслуговування до групового.

Аматорська технологія орієнтує бджоляра на збереження та виходжування всіх слабких, а також виправлення всіх неблагополучних сімей, які товарної продукції не дають, але забирають багато часу на догляд за ними (у багато разів більше, ніж за сильними сім'ями). Крім того, аматорська технологія включає безліч робіт, що істотно не впливають на життєдіяльність і продуктивність бджолиних сімей, але вимагають для свого виконання значних витрат часу (скорочення вуличок, закладення їх рейками, скорочення та розширення гнізд по одній рамці, виправлення сімей з матками та бджолами) трутовками і т. д.). Найважливіша риса аматорського бджільництва - індивідуальний догляд за бджолиними сім'ями. Суть його полягає в тому, що періодично оглядають гнізда всіх бджолиних сімей на пасіці, визначають їхній стан і відповідно до нього виконують чергову роботу. За аматорської технології бджолині сім'ї на пасіці сильно відрізняються одна від одної за своєю силою, станом і рівнем розвитку, тому бджоляру одночасно доводиться виконувати кілька робіт (одну сім'ю треба підсилити, іншій додати корм, третій підставити порожній сот, четвертої - вощини і т.д.).

Промислова технологія, по-перше, ґрунтується на утриманні лише сильних та середніх за силою сімей та орієнтується на осінню вибраковування всіх слабких та неблагополучних (до 20-25 % від загальної кількості сімей бджіл на пасіці). Для цього навесні кількість сімей збільшують за рахунок надпланових відводків з таким розрахунком, щоб компенсувати осіннє вибраковування. По-друге, промислова технологія передбачає виконання лише необхідних прийомів та методів роботи, що надають позитивний вплив на життєдіяльність та продуктивність бджолиних сімей. По-третє, вона базується на груповому догляді за бджолами, тобто робота виконується відразу на всіх

					<i>KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

сім'ях цієї точки. Щоб це стало можливим, всі сім'ї повинні розвиватися синхронно, тобто бути рівними (приблизно) за силою та іншими показниками. З цією метою під час весняної ревізії вирівнюють силу бджолиних сімей шляхом переміщення частини бджіл та рамок з розплодом із найсильніших у середні та ослаблі. Через якийсь час окремі сім'ї знову виявляться сильнішими за інших. Тоді їх ще раз вирівнюють, відбираючи бджіл і розплід для формування відводків із найсильніших сімей, а при перевезенні пасіки до медоносів вживають усіх заходів для того, щоб на новому місці не було зльотів бджіл з одних сімей до інших, тобто мимовільного підсилювання одних з допомогою інших. Час проведення чергової роботи визначають на підставі фенологічних спостережень та вибіркового огляду гнізд кількох сімей. Потім, не вивчаючи їх стану, виконують цю роботу на всіх бджолиних сім'ях: дають усім годівниці з цукровим сиропом або ставлять усім перші або другі магазинні надставки і т.д.

Оскільки бджоляр-фермер, особливо напівпрофесіонал, працює наїздами, він має бути впевнений, що під час його відсутності не відроїться жодна родина. Для цього необхідно виконати наступне: у попередній сезон поміняти наскільки можна всіх старих маток на молодих;

сформувати на початку року якнайбільше відводків;

застосувати всі протироеві прийоми (своєчасно розширити гнізда, задалегідь поставити корпусні та магазинні надставки, вивезти бджолині сім'ї до додаткових джерел медозбору, добре вентилувати гнізда, притінити вулики тощо).

Промислова технологія утримання бджолиних сімей та виробництва продукції включає перевезення до додаткових джерел медозбору, забезпечення достатнім запасом стільників для складання і переробки нектару; посилену вентиляцію гнізд для прискорення його дозрівання та, нарешті, відкачування зрілого повноцінного меду.

					<i>КРМ.АКММ-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

При слабкому медозборі на одній точці має бути не більше 25-30 бджолиних сімей, при середньому близько 50, а при сильному (липа, гречка) 70, максимум 100.

Під час перевезень з'являється можливість запарювання бджіл. За будь-якого занепокоєння, а тим більше викликаного підвищенням температури в гнізді, бджоли прямують лише вгору і, зустрічаючи на своєму шляху полотно або вентиляційну сітку, покладену прямо на рамки, щільно "утрамбовують" своїми тілами простір між верхніми брусками рамок, внаслідок чого в гнізді різко підвищуються температура та вологість повітря, настає масова загибель бджіл. Якщо ж надати бджолам можливість виходу в вільний надрамковий простір, що добре вентиляється, то частина бджіл вийдуть в цей простір і розмістяться на вентиляційній сітці, сім'я заспокоїться і запарювання не відбудеться. Тому при перевезенні навесні в прохолодну, нежарку погоду ще не дуже сильних бджолиних сімей достатньо зняти утеплення і холстик і дати бджолам можливість виходу під дах з вентиляційним пристроєм (відкривши обидва вентиляційні клапани). Якщо ж використовуються дахи застарілих конструкцій, без вентиляційних пристроїв, тоді їх знімають і залишають одні підкришники (за їх відсутності - порожні магазини), фіксуючи на них рамку з вентиляційною сіткою, або, в крайньому випадку, прибивають до нього зверху рейками рідку тканину). Влітку, у спеку сильній бджолиній сім'ї надрамкового простору, утвореного внутрішнім об'ємом даху або підкришника, може виявитися мало, тоді використовують або порожню магазинну надставку, або порожній корпус (у багатокорпусних вуликів) [2].

Під час головного медозбору треба своєчасно і відповідно до його сили підставляти корпусні та магазинні надставки з рамками з сотами та вощиною для складання нектару та його переробки в мед, а також забезпечувати інтенсивну вентиляцію гнізд з метою прискорення його дозрівання. Відкачувати можна лише зрілий мед.

					<i>KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Підготовка бджіл до зимівлі. У першу половину сезону треба змінити якнайбільше старих маток на молодих, а в період головного медозбору слідкувати за тим, щоб у гніздових корпусах була достатня кількість вільних осередків для відкладання яєць. Чим більше буде до кінця сезону молодих, фізіологічно повноцінних бджіл, тим вищою є гарантія, що всі бджолині родини добре перезимують. Для цього досвідчені бджолярі підвозять свої пасіки до пізньорічних та осінніх джерел нектару та пилку. Вирощені в цих умовах молоді бджоли, які самі не брали участі у використанні медозбору та вигодовуванні розплоду, а також посилено харчувалися пергою, накопичують у своїх тканинах резервні поживні речовини. Тому найголовніша їхня перевага - у винятково високій тривалості життя (6-9 міс), а також у здатності вигодовувати собі на зміну перше весняне покоління молодих особин.

Відразу після закінчення головного медозбору, тобто ще на тимчасовому точці, треба зняти всі надставки (корпусні та магазинні) і провести попереднє складання гнізд. Досвідчені бджолярі залишають бджолам на зиму світлі (молоді) стільники, які різко знижують небезпеку кристалізації зимового корму (у них немає чи є, але дуже мало залишків коконів та екскрементів личинок, пилкових зерен тощо) [2].

Восени вулики захищають від вітру та вогкості. Для успішної зимівлі бджіл необхідні гігроскопічні утеплювачі гнізда (подушки з моху, клоччя, мати з осоки та соломи тощо). Якщо їх немає, у зимівниках з нормальною температурою краще залишати сім'ї з гніздами, укритими одними холстиками. І тільки в приміщеннях, в яких температура повітря може опускатися нижче 0 °С, можна залишити ватні подушки, зсунувши їх від задньої стінки вулика до передньої на 4-5 см з тим, щоб утворилася щілина для видалення водяної пари (холст під подушкою також зрушують або підвертають відповідним чином). Інакше гнізда сильно сиріють.

					<i>КРМ.АКММ-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

У зимовий час бджоляр проводить боротьбу з гризунами у зимівнику, підтримує за допомогою вентиляційної системи температуру повітря в ньому на рівні 0 – 4 С, а відносну вологість 70-80 %.

За відсутності відповідного приміщення сильні та середні за силою сім'ї можуть зимувати на вулиці (слабкі загинуть), але при цьому вони витрачають на 2-3 кг більше корму, ніж бджоли, що зимують у приміщеннях, зате вони значно раніше і енергійніше нарощуються навесні.

Наявність системи моніторингу дозволяє оперативно, точно і дистанційно без втручання у бджолину сім'ю оцінити поточний стан, прогнозувати розвиток подій, запобігти втратам і іншим факторам.

1.2 Огляд сучасних систем моніторингу бджолиних сімей

Система моніторингу i-bee. Дана система моніторингу є прогресивною і широко функціональною. Вона дозволяє контролювати стан пасіки з будь-якої точки світу [3]:

- отримання даних в реальному часі за допомогою Інтернет або GSM;
- контроль кожного вулика - температура, вологість, вага, спектр звуку і відкриття кришки вулика;
- докладний щоденник бджоляра з нагадуваннями і постановкою завдань;
- автономна робота не менше 2 років на вбудованій батареї;
- легкий самостійний монтаж на будь-який тип вуликів;
- радіус дії базової станції HUB від 500 до 1500 метрів в залежності від рельєфу.

За допомогою системи i-bee Ви можете отримувати інформацію про наступні показники:

					<i>KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- температура у вулику - для відстеження комфортного перебування бджіл у вулику в різні пори року. Відстежуйте різкі перепади температури і вологості для своєчасної реакції і зниження ризиків хвороб і загибелі бджіл;
- спектр звуку - дозволяє відстежувати поведінку, настрої і стан ваших бджіл. Залежно від рівня звуку у вулику ви можете приймати рішення про необхідність втручання в бджолиний побут;
- вага вулика - для фіксації успішного накопичення меду в самому вулику і запобігання самовільного поїдання бджолами меду з оперативною реакцією. Також дозволяє вести аналіз і статистику приросту меду в залежності від пори року і розташування вулика в різні сезони;
- точний підрахунок кількості бджіл, що вийшла та зайшла у вулик протягом визначених періодів часу. Також збирається та передається в систему статистика про середню та пікову завантаженість проходів бджолами;
- датчик руху - допоможе вам підвищити безпеку на вашій пасіці: за допомогою тривожного повідомлення миттєво дізнатися про спробу крадіжки, злому або падіння вашого вулика та вжити оперативні заходи.

На пасіці встановлюється базова станція, яка фіксує погодні умови на самій пасіці, а також збирає інформацію з усіх датчиків у вуликах по бездротовій мережі LORA. Збір даних з вуликів здійснюється кожні 30 хвилин.

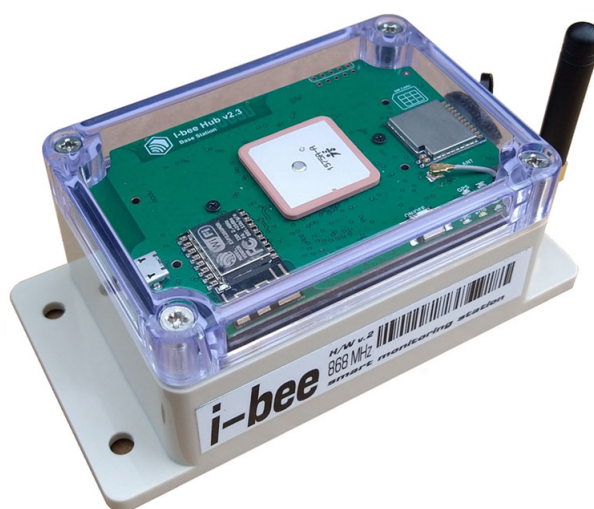


Рисунок 1.2 – Базова станція

					KPM.AKMМ-16.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		21

Датчики на вулики встановлюються самостійно. Конструкція датчиків дозволяє встановлення на будь-який тип вулика і в будь-якому положенні - знизу, збоку або зверху.

Один раз на годину HUB передає інформацію на сервер по WI-FI або GSM-канал. У разі виникнення тривожних подій, наприклад, спрацьовування датчика руху, передбачені миттєві повідомлення, рис.1.3.

Обладнання працює від вбудованої батареї, якої вистачає мінімум на 2 роки. Термін зберігання всіх даних в системі не обмежений.

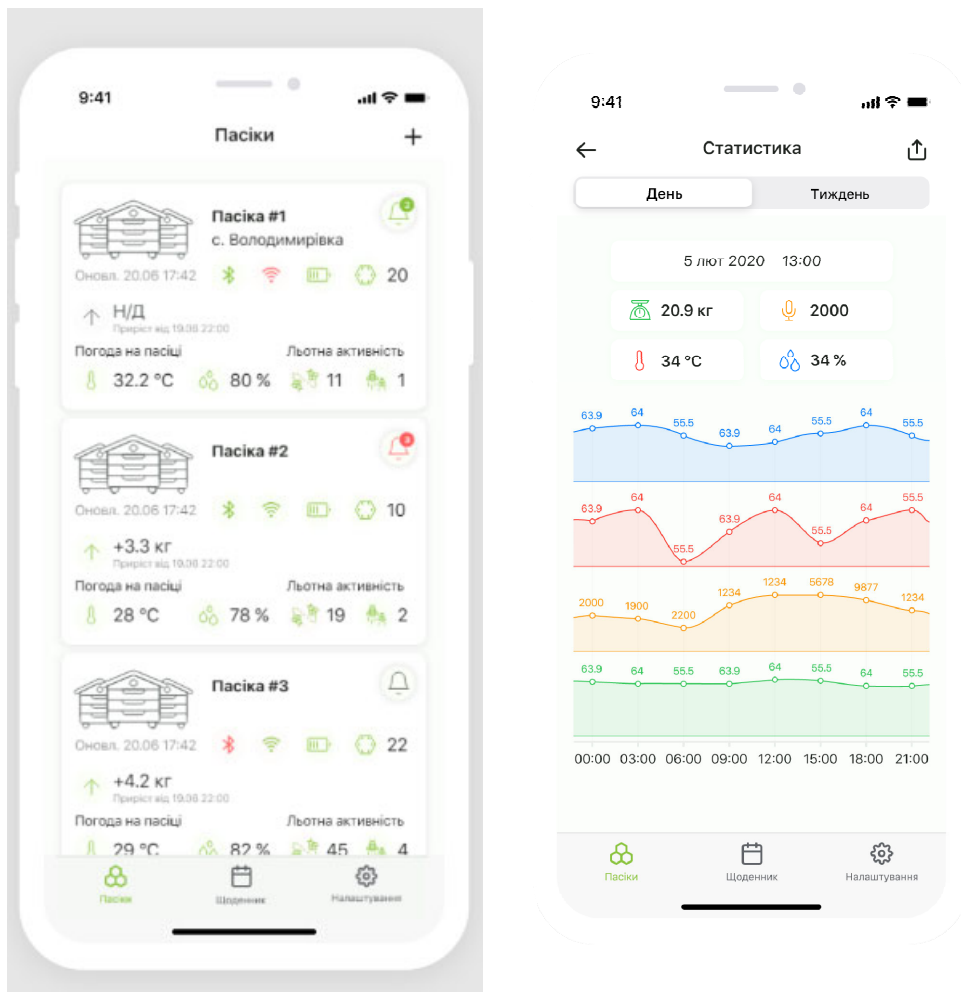


Рисунок 1.3 – Програмне забезпечення для моніторингу

Система моніторингу ApisProtect. Система моніторингу вимірює температуру, вологість, CO₂, звук і дані про рух, і аналізує ці дані, щоб надати бджолярам сповіщення про потенційні проблеми, які можуть призвести до втрати бджолиних сімей. Сам датчик ApisProtect розміром як пульт від телевізора і використовує комбінацію радіомереж, включно зі стільниковим і супутниковим зв'язком, щоб гарантувати, що будь-який вулик можна контролювати, незалежно від того, наскільки він віддалений [4].

Крім того, ApisProtect надає засоби збільшення продуктивності пасіки, включаючи інформацію про оптимальну кількість бджіл в колонії та рекомендації щодо оптимального розміщення пасіки. Компанія також пропонує навчання та консультації щодо підтримки здоров'я бджіл та підвищення продуктивності.

ApisProtect використовує технології моніторингу здоров'я бджіл і підвищення продуктивності їх виробництва, включаючи сенсорні мережі та аналітичні алгоритми.

Сенсорні мережі складаються з датчиків, які встановлюються в колоніях бджіл, а також базових станцій, які отримують дані від датчиків та передають їх на хмарні сервери для аналізу.

Датчики збирають інформацію про такі параметри, як температура, вологість, звук та активність бджіл. Наприклад, датчик може вимірювати температуру у гнізді бджіл та вивчати, які зміни відбуваються з температурою під час різних процесів, таких як розвиток личинок або збирання меду. Датчики також можуть вимірювати вологість повітря, що впливає на здоров'я бджіл та продуктивність пасіки, рис. 1.4.

Зібрані дані передаються на хмарні сервери ApisProtect, де вони аналізуються аналітичними алгоритмами. Ці алгоритми використовуються для визначення стану колонії бджіл, раннього виявлення хвороб та рекомендацій щодо покращення здоров'я та продуктивності.

					<i>KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 1.4 – Датчик комплексного вимірювання

Клієнти ApisProtect можуть отримувати звіти про стан своїх колоній бджіл через веб-інтерфейс або мобільний додаток. Звіти можуть містити інформацію про температуру, вологість, активність бджіл, кількість меду та бджолиний віск від кожної колонії. Клієнти можуть також отримувати рекомендації щодо того, як збільшити продуктивність своєї пасіки.

Система моніторингу «Пасіка онлайн». Пристрій призначений для зважування контрольного вулика (від 1-го до 3-х вуликів, зважування роздільне) [5]:

- точність зважування кожного вулика +/- 5 %;
- ступінь пило / вологозахисту пристрою: IP-55;
- гарантійний термін - 12 місяців з моменту відправки пристрою користувачеві.

Пристрій працює: від вбудованого акумулятора плюс сонячна батарея. Є блок живлення для додаткової підзарядки від мережі 220В. Протягом активного бджільницького сезону підзарядка від мережі не потрібна.

					<i>KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Не рекомендується використовувати пристрій для контролю ваги вулика, що знаходиться на зимівлі поза зимівника. Точність вимірювань буде знижена через можливість налипання снігу на дах і корпус вулика, збільшується можливість попадання вологи в деталі пристрою, зокрема в датчики ваги. У зимовий період можливий недостатній заряд акумулятора від сонячної батареї через скорочення світлового дня і більш швидкий розряд акумулятора через низькі температури.

При використанні пристрою в зимівнику слід враховувати, що:

- GSM-антену для забезпечення належної якості зв'язку краще розташовувати поза приміщенням;
- відсутність підзарядки від сонячної батареї потребують періодичної підзарядки від мережі 220В через блок живлення.

При транспортуванні вулика слід розвантажити датчики ваги - зняти вулик з датчиків. Ударні завантаження на датчики ваги при транспортуванні можуть привести до їх поломки. Блок управління пристрою має, рис.1.5:

- вихід для підключення антени GSM;
- вхід для підключення живлення від джерела 4,5 В (сонячна батарея або блок живлення AC-DC 220 / 5В)
- тумблер включення / виключення пристрою.

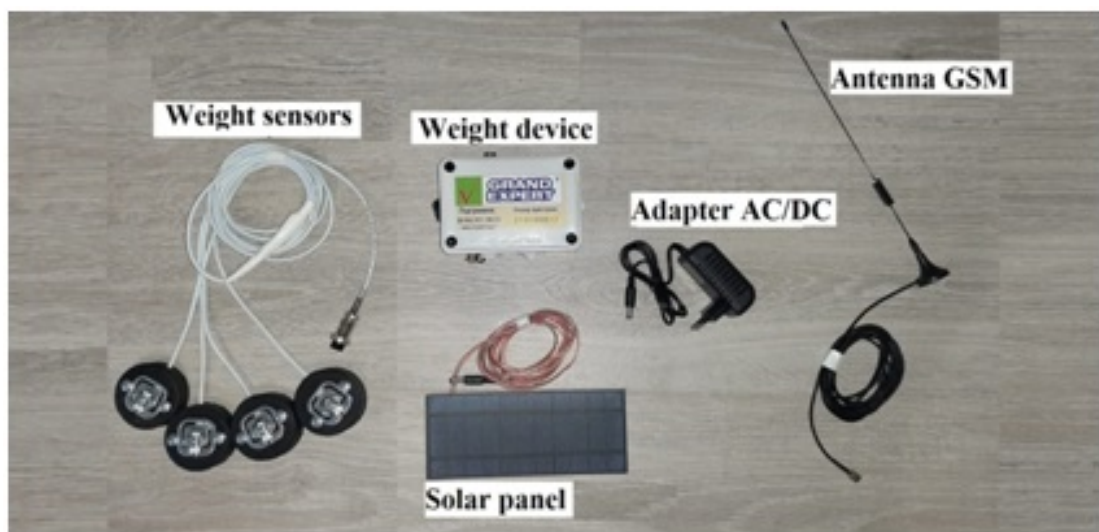


Рисунок 1.5 – Складові системи моніторингу

					<i>KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Функції:

- щогодини відбувається відправлення даних на сайт.
- двічі на добу в заданий час відбувається відправлення даних (вага) у SMS на телефон бджоляра.
- при досягненні на рахунку оператора мобільного зв'язку балансу менше 10 грн. відправляються SMS із сумою балансу.
- при досягненні рівня заряду акумулятора менше 20% надсилаються SMS із зазначенням відсотка заряду батареї.

1.3 Постановка задачі

Бджоли займають одне із вирішальних місць у глобальній екосистемі. І справа навіть не продуктах бджільництва, таких як мід, віск, перга, прополіс, маточне молоко. А справа в тому що 80% квіток залежить від запилення. Більшість плодових і насінєвих рослин потребує запилення, що ставить в пряму залежність від цієї маленької комахи. Тому їх збереження і розвиток є необхідною умовою збереження і розвитку екосистеми планети.

Виходячи із аналізу процесу розвитку бджолиної сім'ї, стає зрозуміло що бджоляр не володіє достатньою кількістю інформації про стан бджолиної сім'ї до моменту проведення її огляду, при цьому сам огляд не завжди надає достатньої кількості інформації. Більшість операцій на пасіці є рутинними і потребує затрат часу. При цьому більшість з них могли б не проводитись, якби бджоляр володів достатньою інформацією про стан бджолиної сім'ї. Даною інформацією є перш за все:

- температура гнізда;
- вологість у вулику;
- вага вулика;
- активність бджіл.

					<i>KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Окремо слід виділити такий важливий стан бджолоїної сім'ї, як роївий стан. Роїння – це природній процес розмноження бджіл в природі. Проте у бджільництві неконтрольоване роїння є негативним явищем, адже вона призводить до значного послаблення основної сім'ї, зменшення кількості корму, тимчасової припинення яйцекладки. При цьому рій що «утік» не завжди вдається відловити. Навіть якщо вдається виявити роєвий стан бджолоїної сім'ї, вивести із даного стану бджолоїну сім'ю доволі складно. Окрім цього при роєвому стані, бджолоїна сім'я практично не працює, а лише забезпечує себе необхідним мінімумом. В результат бджоляр втрачає прибуток і нарощує втрати. Уникнення роїння здійснюється шляхом поділу сім'ї, проте виявлення моменту наближення соєвого стану є дуже важливою задачею.

Використання акустичного методу контролю за бджолоїною сім'єю створює нові виклики і підходи до аналізу біологічних параметрів бджолоїної сім'ї. Якщо донедавна спектроаналіз використовувався для аналізу технічного стану обладнання і механізмів, то сьогодні він уже активно входить у фазу застосування у біології тварин. І цей процес аналізу не менш складний в силу своєї природи. Доведено, при різних станах бджолоїної сім'ї (наявність взятку, відсутність взятку, втрата бджолоїної матки, передроєвий стан, роєвий стан, вихід рою) акустичний фон такої сім'ї у спектральному складі має ряд діагностичних ознак, які дозволяють ідентифікувати біологічний стан бджолоїної сім'ї. Поєднання вимірних параметрів і акустичних ознак дозволяє значно збільшити ідентифікацію біологічного стану бджолоїної сім'ї.

Окремо слід виділити необхідність моніторингу біологічних параметрів бджолоїної сім'ї під час її зимівлі. Такий моніторинг дозволяє уникнути втрату сім'ї чи її «осипання». Адже інспекція сімей у зимовий період проводиться дуже рідко, а втрата самої бджолоїної сім'ї є відчутною у господарстві бджоляра.

					<i>КРМ.АКМм-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Проте сам аналіз біологічних параметрів бджолої сім'ї неможливий без апаратного і алгоритмічного забезпечення даної системи моніторингу і аналізу.

Моєю задачею є розроблення саме апаратного забезпечення системи моніторингу біологічних параметрів бджолої сім'ї, яка б забезпечувала вимірювання наступних параметрів:

- температура у вулику;
- вологість у вулику;
- вага вулика;
- атмосферний тиск;
- акустичний контроль.

Функції системи повинні забезпечити весь необхідний арсенал роботи алгоритмів і можливостей.

					<i>КРМ.АКМм-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						28
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

2 РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ БДЖОЛИНОЇ СІМ'Ї

2.1 Розроблення функціональної схеми системи моніторингу

Структурна схема системи моніторингу передбачає наявність центрального пристрою збору інформації (HUB) і вузлових здавачів, які і сприймають необхідну інформацію, рис. 2.1.

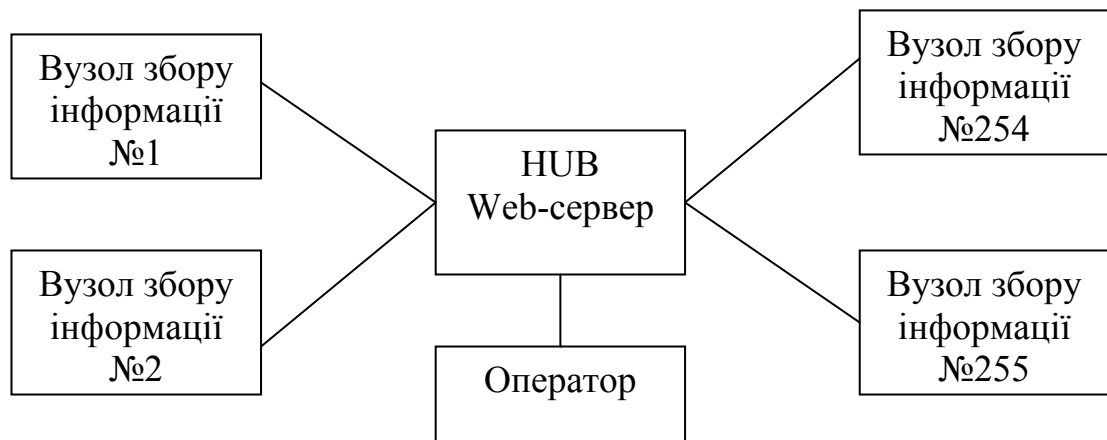


Рисунок 2.1 – Структурна схема моніторингу

Структурна схема демонструє зв'язки між елементами і вузлами системи. Центральним вузлом є HUB, який виконує також і функцію web-сервера. До нього з допомогою безпроводної технології підключаються вузли збору інформації. Їх при даній конфігурації може бути 255 шт. Це зумовлено обмеженням в адресації безпроводних модулів. Але такої кількості є цілком достатньо. Оператор підключившись до Web-сервера має можливість отримувати поточні і архівні дані, які відображають поточний стан бджолиної сім'ї в конкретному вулику.

На рис.2.2 зображено функціональну схему HUB-пристрою, що включає важливі елементи і модулі системи.

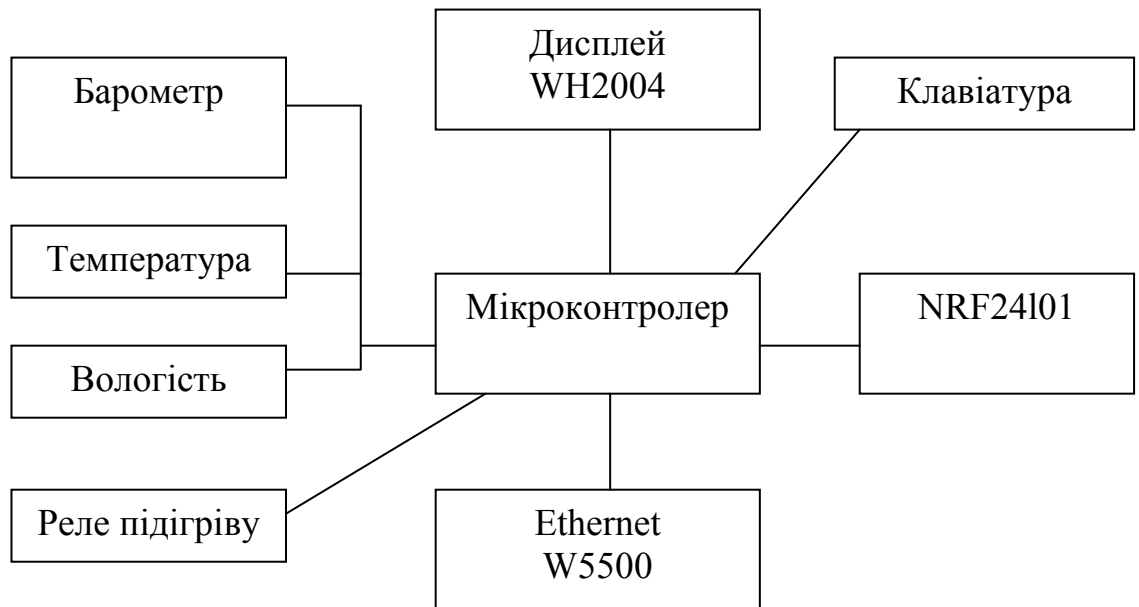


Рисунок 2.2 – Функціональна схема HUB-пристрою

До HUB-пристрою входить мікроконтролер, що здійснює управління усіма вузлами, модуль зв'язку NRF24101 що забезпечує безпроводний зв'язок із вузлами збору інформації. Також сюди входить Ethernet-модуль для зв'язку із глобальною мережею і організацією web-сервера. Дисплей і клавіатура призначені для вводу-виводу інформації, управління поточним станом. До мікроконтролера підключають датчики призначені для збору основних кліматичних параметрів на території пасіки, а саме – температура навколишнього повітря, його вологість, атмосферний тиск. Також передбачена можливість підключення реле для управління системою підігріву бджолиних сімей у холодні дні зимового періоду.

Функціональна схема вузла збору інформації представлено на рис. 2.3. Основою знову ж таки служить мікроконтролер. Він виконує функцію управління датчиками і обробки отриманої інформації. Окрім цього він керує безпроводним модулем NRF24101 для відправки на запит поточної інформації.

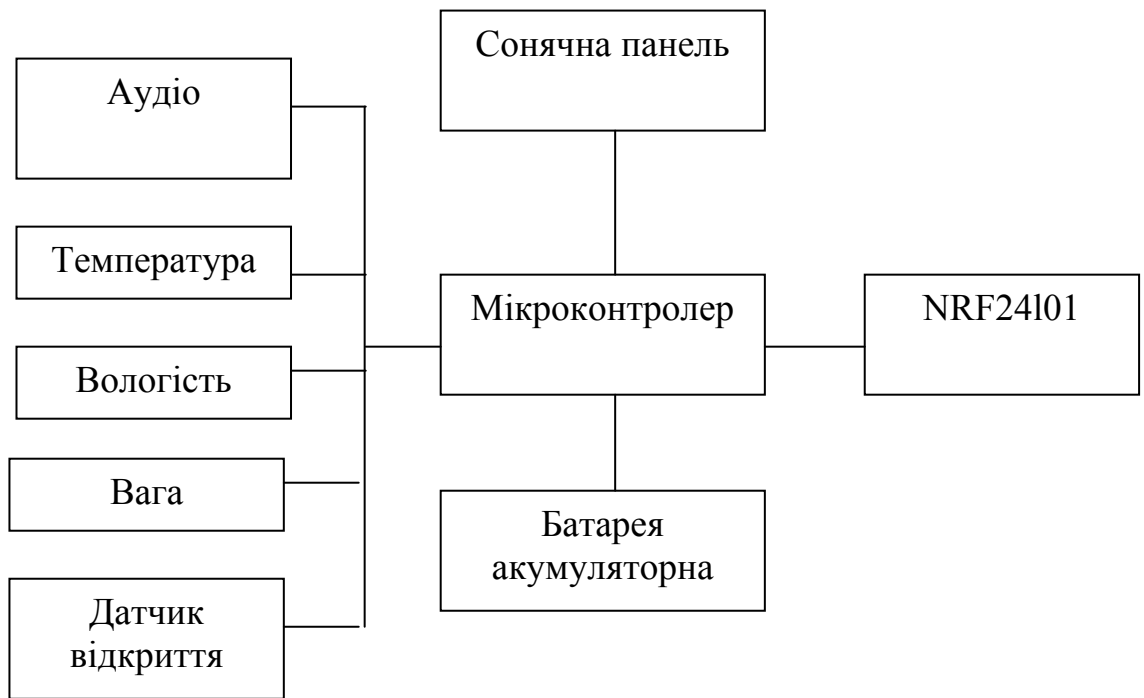


Рисунок 2.3 – Функціональна схема вузла збору інформації

Давачі вузла збору інформації призначені для збору відповідної інформації із бджолоїної сім'ї, зокрема – температура всередині вулика, вологість, вага вулика, запис аудіо інформації із бджолоїної сім'ї, датчик поза штатного доступу до вулика. Окремо слід відмітити автономність вузла збору інформації. Використання сонячної панелі в тандемі із літєвою батареєю, дозволяє уникнути необхідності підводу живлення кожного вимірювального вузла збору інформації.

2.2 Безпроводний модуль NRF24101

При розробці електронних пристроїв нерідко виникає потреба передачі будь-яких даних на деяку відстань. Наприклад, термодатчик, розташований на вулиці, повинен передавати значення температури центральному пристрою, а датчик руху – віддавати команду на включення сирени, розташованої в

окремому приміщенні. Подібних завдань є безліч, як і методів їх вирішення. У тих випадках, коли організувати провідний зв'язок неможливо, на допомогу приходять радіомодулі NRF24L01, що працюють в діапазоні частот 2.4-2.5 ГГц. Їхня простота та надійність забезпечила модулям величезну популярність серед радіоаматорських конструкцій [6].

Загалом область застосування даних радіомодулів обмежується лише фантазією розробника, а їх невисока вартість є приємним доповненням до інших переваг. На рис. 2.4 зображено зовнішній вигляд радіомодуля NRF24L01 з розпинання виводів.

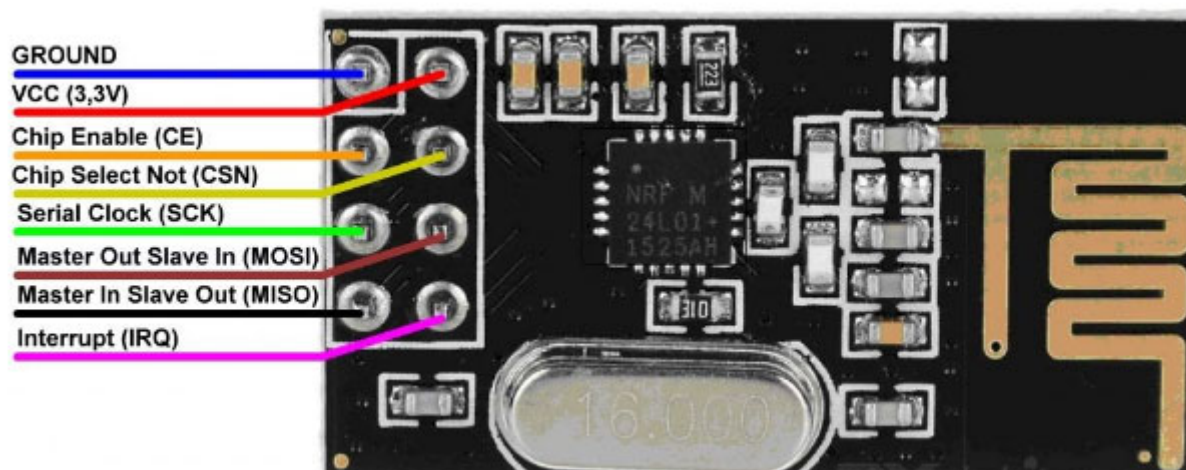


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд NRF24L01

Як видно з наведеного рисунка, комплектація плати є базовою і містить сам чіп, штирову колодку і антену у вигляді звивистої доріжки. Такий набір забезпечує дальність зв'язку до 100м за прямої видимості або до 30м у приміщенні. Якщо цього недостатньо, то є можливість придбати такі ж модулі, тільки з додатковим підсилювачем та зовнішньою антеною (рис. 2.5). У такому разі дальність зв'язку можна збільшити до 1000м.

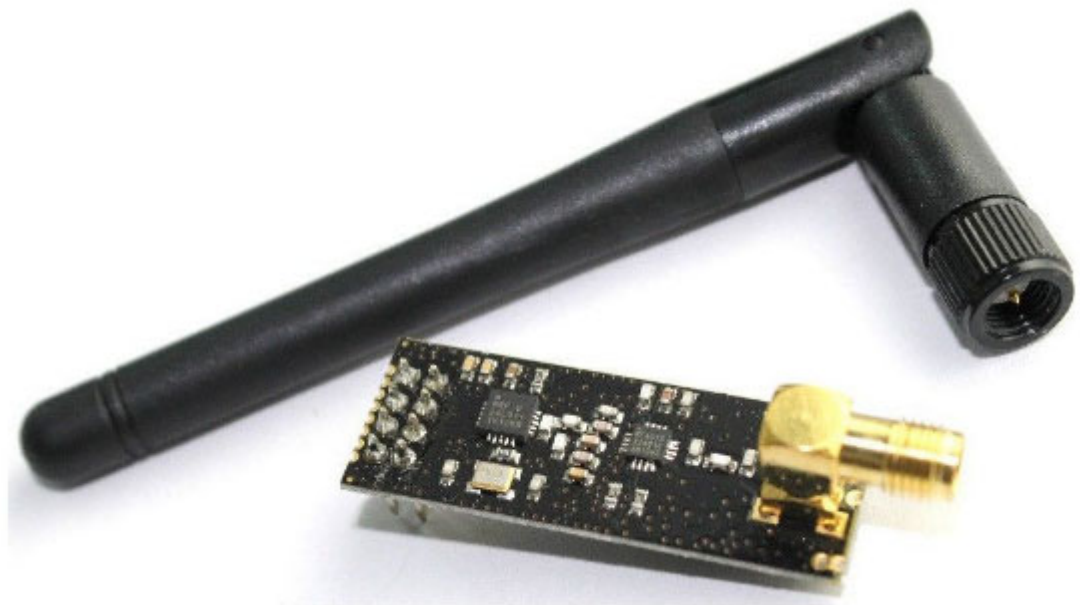


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд NRF24101 із підсилювачем і зовнішньою антеною

Організація живлення радіомодулів вимагає підвищеної уваги, оскільки більшість користувачів стикається з проблемами при їх запуску. Справа в тому, що в момент ініціалізації NRF24L01 споживають значний струм, який не може забезпечити стандартний 3-вольтовий перетворювач. Як наслідок, спостерігаються збої у роботі радіозв'язку. Уникнути цю неприємну ситуацію допоможе електrolітичний конденсатор ємністю близько 100 мкФ. Його необхідно підпаяти паралельно виводам GROUND та VCC модуля. Додаткова ємність допоможе згладити пульсації при старті та забезпечить достатній запас енергії.

Ще одним варіантом вирішення проблеми запуску є використання додаткового адаптера з вбудованим стабілізатором напруги. У такому випадку для NRF24L01 можна використовувати зовнішнє живлення від 4.8 до 12В, а максимальний вихідний струм складе 800мА.

Електрична принципова схема модуля зображено на рис. 2.6.

					КРМ.АКМм-16.00.00.000ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

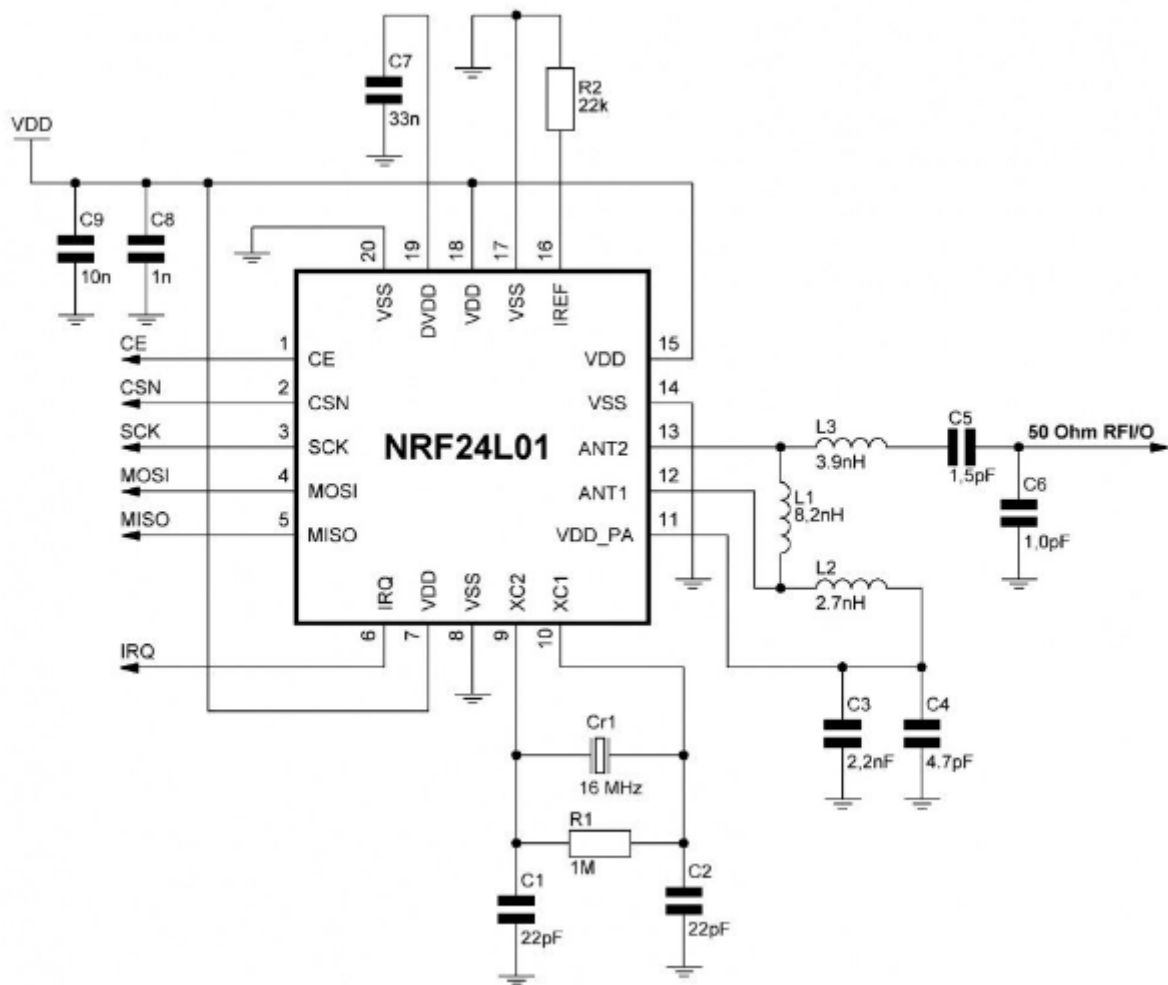


Рисунок 2.6 – Принципова електрична схема модуля NRF24L01

Технічні характеристики модуля NRF24L01:

- напруга живлення: 1,9 В - 3,6 В;
- інтерфейс обміну даними: SPI;
- частота прийому та передачі: 2,4 ГГц;
- кількість каналів: 128 з кроком 1МГц;
- тип модуляції: GFSK;
- швидкість передачі даних: 250kbps, 1Mbps та 2Mbps;
- чутливість приймача: -82 dBm;
- відстань прийому/передачі даних: 100м – пряма видимість; 30м – приміщення;
- коефіцієнт посилення антени: 2dBm;

- діапазон робочої температури: -40 про 3 +85 про 3;
- організація мережі на одному каналі: 7 модулів (1 приймач та 6 передавачів).

Підключення радіомодуля NRF 24 L 01 до мікроконтролер здійснюється за допомогою SPI -інтерфейса, що передбачає використання 5 проводів крім виводів живлення.

Виводи CE і CSN можуть бути з'єднані з будь-якими цифровими пінами мікроконтролера. Щодо програмування, то для взаємодії з NRF 24 L 01 існує кілька бібліотек, але найбільш популярною та стабільною є бібліотека RF24 .

Як правило, більшість аматорських проектів початкового рівня передбачають використання двох модулів NRF24L01 один з яких працює в режимі передавача, а інший як приймач на однаковій частоті. Але що робити, коли на одному каналі необхідно контролювати одразу кілька датчиків, наприклад, температуру в різних кімнатах? У цьому випадку функціональні можливості радіомодуля NRF 24 L 01 передбачають можливість організації міні-мережі. А саме, на одній частоті або каналі можуть працювати до 6 передавачів та 1 приймач. При цьому кожному передавачу присвоюється свій унікальний ідентифікатор «Pipe ID», а приймачеві необхідно присвоїти усі ідентифікатори тих передавачів, від яких він прийматиме дані.

Кожен ідентифікатор є довільним числом, що складається з 5 байт, але він повинен задаватися за певними правилами, а саме:

- на тому самому каналі ідентифікатор кожного передавача повинен бути обов'язково унікальним;
- щоб приймач міг приймати дані від передавачів, йому мають бути вказані їхні ідентифікатори;
- ідентифікатори Pipe 0 і Pipe 1 повинні відрізнитися всіма п'ятьма байтами, наприклад Pipe 0 = 0x7878787878, а Pipe 1 = 0xB4B5B6B7F1;

					<i>KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- ідентифікатори Pipe 2 – Pipe 5 повинні відрізнятися від Pipe 1 лише останнім байтом, наприклад: Pipe 1 = 0xB4B5B6B7F1; Pipe 2 = 0xB4B5B6B7CD; Pipe 3 = 0xB4B5B6B7A3; Pipe 4 = 0xB4B5B6B70F; Pipe 5 = 0xB4B5B6B705;

Малюнок №6 наочно демонструє викладене вище.

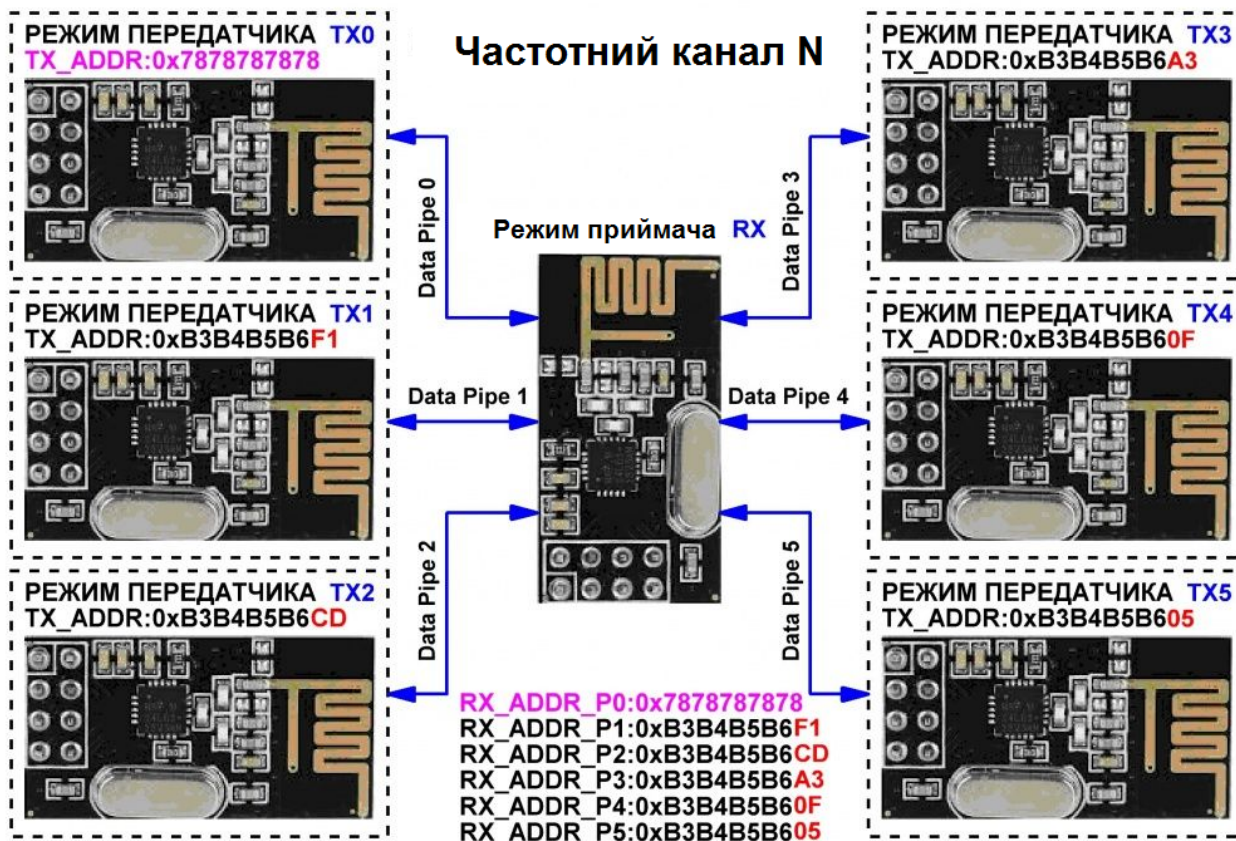


Рисунок 2.7 – Прийом даних від 6 передавачів

2.3 Мікроконтролер

Мікроконтролер виконує функцію організації і управління усіма вузлами і елементами і виконавчими елементами схеми. З цією метою було обрано модуль Arduino Nano з мікроконтролером AtMega328, рис. 2.8. Даний модуль хоч і не володіє високою продуктивністю через посередній мікроконтролер, проте її достатньо для виконання усіх базових функцій [7].

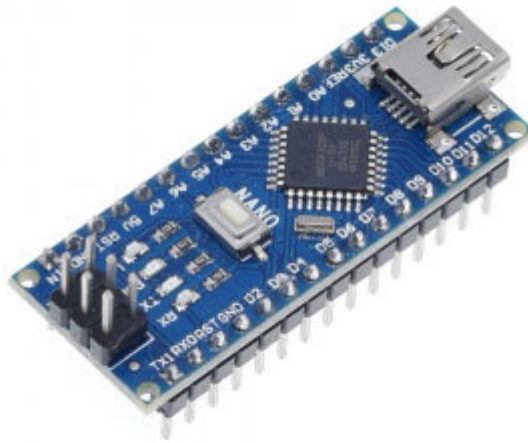


Рисунок 2.8 – Плата Arduino Nano

Arduino Nano V3.0 - невелика плата, яка побудована на ATmega328 [9]. Вона збігається за функціональністю з Arduino Uno. Для USB використовується мікросхема CH340G. Функціональна схема модуля зображено на рис. 2.9.

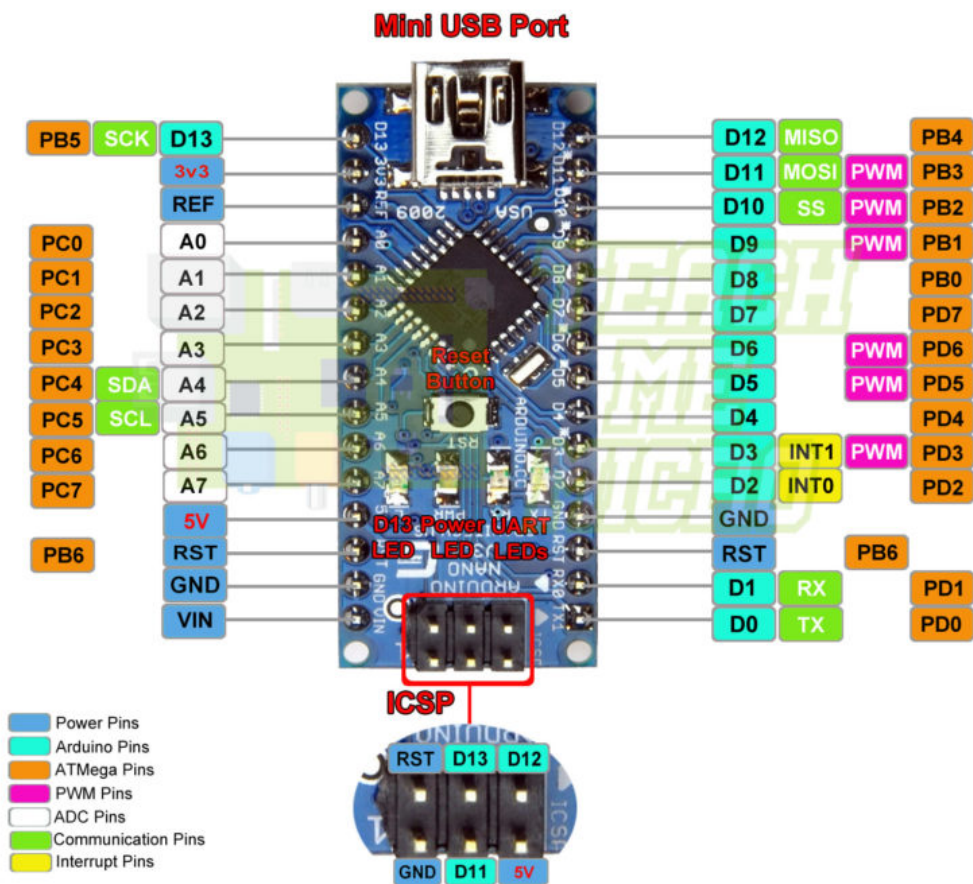


Рисунок 2.9 – Функціональна схема Arduino Nano

Характеристики:

- мікроконтролер: ATmega328P
- робоча напруга: 5В
- цифрових входів: 14
- аналогових входів: 8
- сила струму на входах / виходах: 40 мА
- сила струму для виходу: 50 мА
- пам'ять: 32 кБ з яких 2кб використовується загрузчиком
- оперативна пам'ять SRAM: 2 кБ
- постійна пам'ять EEPROM: 1 кБ
- тактова частота: 16 МГц

2.4 Давач температури і вологості

Давач температури та й вологості є важливим елементом системи.

Вимоги: висока точність, надійність і відкритий протокол передачі даних [8].

Було обрано давач DHT22, рис.2.10.



Рисунок 2.10 – Давач DHT22

					КРМ.АКММ-16.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		38

Давач вологості та температури DHT22 – два датчики в одному корпусі, результати передаються на блок з АЦП та на виході виходить цифровий сигнал (контакт DATA).

Давач вологості ємнісного типу, чутливим елемент - конденсатор полімерний. За допомогою даного датчика вимірювання вологості можна проводити у всьому діапазоні (від 0 до 100%), похибка вимірювання не перевищує 2%.

Датчик температури побудований на базі DS18B20. Він дозволяє здійснювати вимірювання температури в діапазоні від -40 до +125°C із похибкою $\pm 0.5^\circ\text{C}$.

У датчика є вбудована пам'ять, в якій накопичуються результати вимірювань і потім передаються на контролер.

Таблиця 2.1 – Таблиця датчиків серії DHT

Параметр	DHT11	DHT22	DHT21
Діапазон температури	0..60°C, $\pm 2\%$	-40...+125°C, $\pm 0.5^\circ\text{C}$	
Діапазон вологості	20..90%, $\pm 2\%$	0-100%, $\pm 2\%$	
Вага, гр	1	2.2	11
Округлення результатів	до цілих	до десятих	
Споживання струму при 5В	0,1	0,14	1,36
Умови використання	в приміщенні		вулиця

У таблиці 2.2 подано характеристики датчика DHT22. На рис. 2.11 подано структура протоколу.

Таблиця 2.2 – Характеристики давача DHT22

Модель	DHT22
Джерело живлення	3.3-6V DC
Вихідний сигнал	цифровий
Чутливий елемент	вимірювання В - полімерний конденсатор вимірювання Т - на базі чіпа DS18B20
Вимірювання вологості	0-100% с похибкою $\pm 2\%$
Збільшення похибки	$\pm 0.5\%$ /рік
Гістерезис вологості	$\pm 0.3\%$
Вимірювання температури	-40...+125°C, похибка $\pm 0.5^\circ\text{C}$
Взаємозамінність	повністю замінні
Розмір	25.1 x 15.1 x 7.7 мм
Вага	2.2 гр.

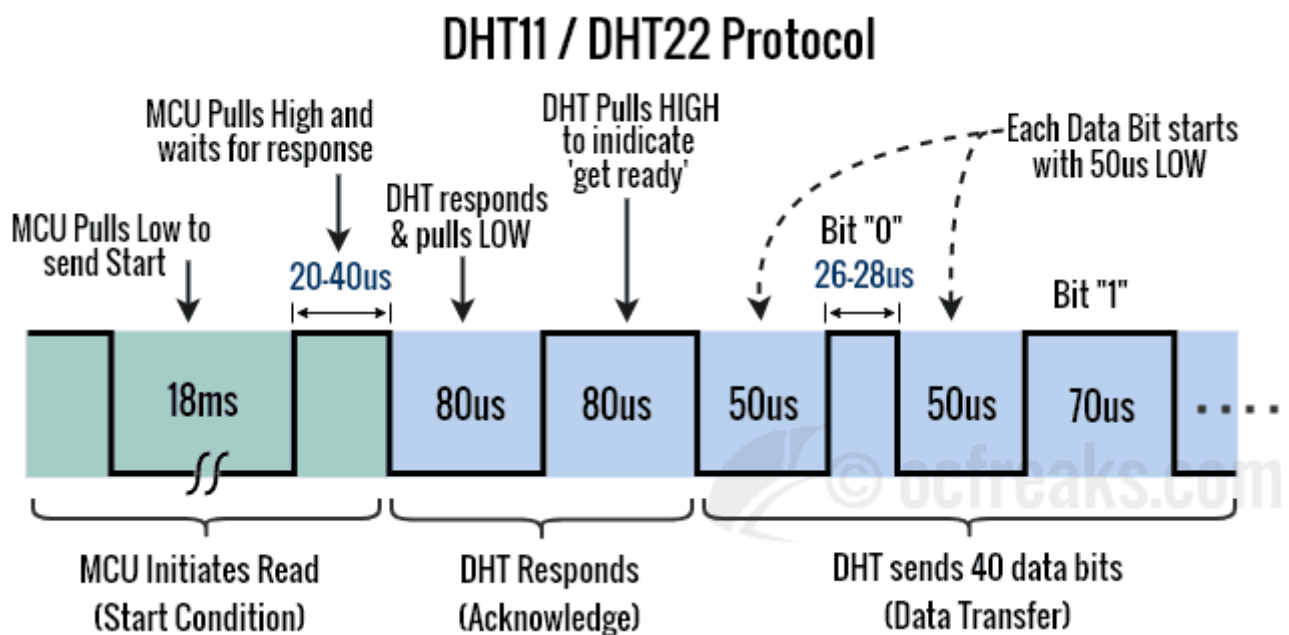


Рисунок 2.11 - Структура протоколу DHT22

2.5 Давач ваги НХ711

Тензодатчик - тензометричний датчик, базується на вимірі деформації та перетворення значення деформації в електричний струм. Датчик використовується в електронних вагах до 50 кг, може використовуватися в підлогових побутових, торгових, товарних, технічних вагах, дозувальному та фасувальному обладнанні як чутливий елемент. Для використання датчика потрібно встановити його на відповідне місце у терезах, зазвичай це під кришкою терезів по центру, якщо використовується один датчик або під кришкою терезів по краях, якщо використовується чотири датчики [9].

Можливі схеми підключення датчика:

- один датчик за напівмостовою схемою з використанням додаткових резисторів для другого плеча. Діапазон виміру до 50 кг;
- два датчики за бруківкою схемою. Діапазон виміру до 100 кг;
- чотири датчики за бруківкою. Діапазон виміру до 200 кг.

Провід червоного кольору – сигнал та/або живлення, провідники чорного та білого кольору – плечі. Опір між сигнальним проводом та плечем 1 кОм, рис. 2.12.



Рисунок 2.12 – Датчик ваги

					КРМ.АКММ-16.00.00.000ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Характеристики:

- матеріал датчика – алюмінієвий сплав;
- тип – тензометричний;
- Максимальне навантаження – 50 кг;
- Безпечне навантаження: 120 %;
- Максимальне навантаження: 150 %;
- Напруга збудження – 10 В;
- Вихідна чутливість – $1 \pm 0,15$ мВ/В;
- Вхідний опір: 1000 Ом;
- Вихідний опір: 1000 Ом;
- Робоча температура - від - 10 ° С до + 50 ° С;
- Габарити – 34 x 34 x 8,5 мм;
- Маса – 15 г.

НХ711 - 24-бітний двоканальний АЦП модуль для прецизійного вимірювання аналогового сигналу від датчиків ваги (тензодатчиків) та перетворення його на цифрове значення для використання мікроконтролером. Вихідний інтерфейс – I2С.

Модуль НХ711 має два канали - А і В, до яких, відповідно, можна підключати два тензодатчики. Максимальний розмах напруги на диференціальних входах становить ± 40 мВ або ± 20 мВ, залежно від виставленого коефіцієнта посилення. Для каналу А коефіцієнт посилення можна встановити 64 або 128, для каналу В - коефіцієнт дорівнює 32.

Зовнішній вигляд модуля тензодавача представлено на рис. 2.13. Схема підключення чотирьох тензодавачів до модуля НХ711, представлено на рис. 2.14.

					<i>КРМ.АКММ-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

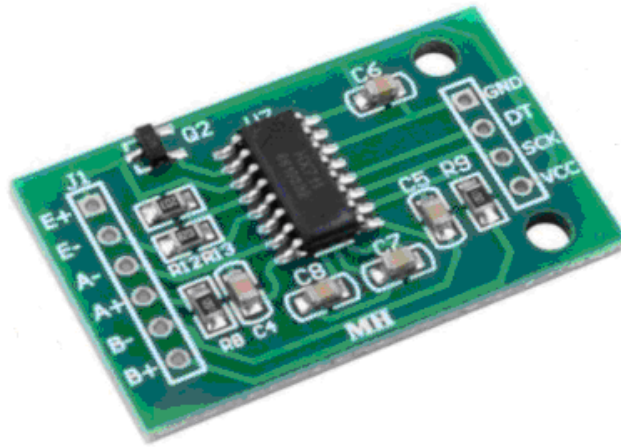


Рисунок 2.13 – Модуль HX-711

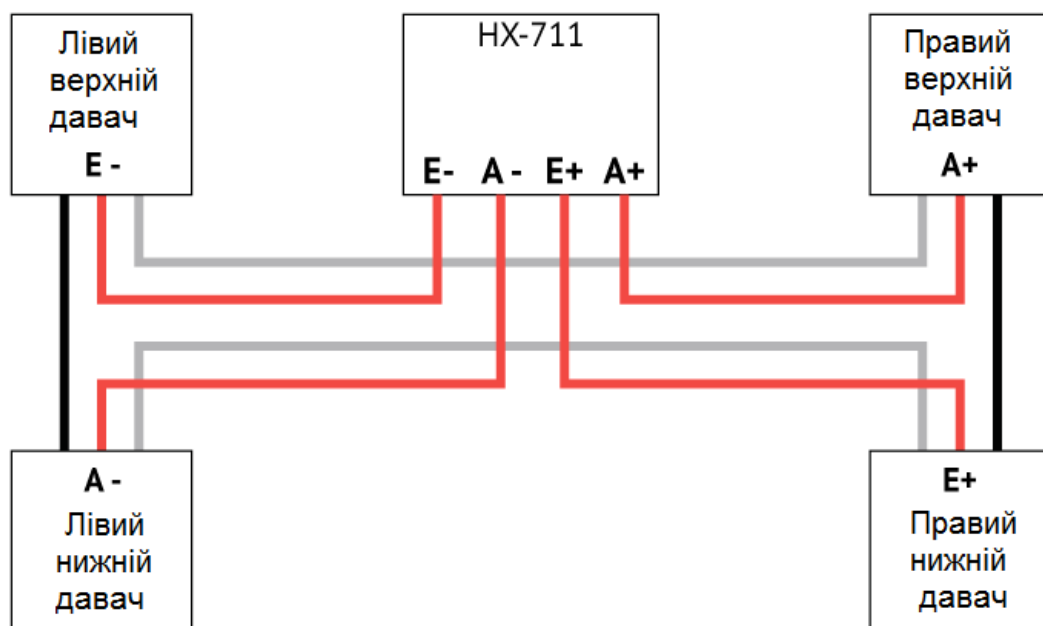


Рисунок 2.14 – Включення здавачів ваги у мостову схему

2.6 Мікрофонний модуль

Модуль мікрофона МІС – це активний мікрофон 65dB. Вихід: змінний струм за замовчуванням (перемикається паяні з'єднання на платі закорочення постійного струму), рис.2.15.

Розмір модуля дуже компактний - 1.2x0.8см, підсилення 65дБ, напруга живлення: 3.3-5V.

					KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

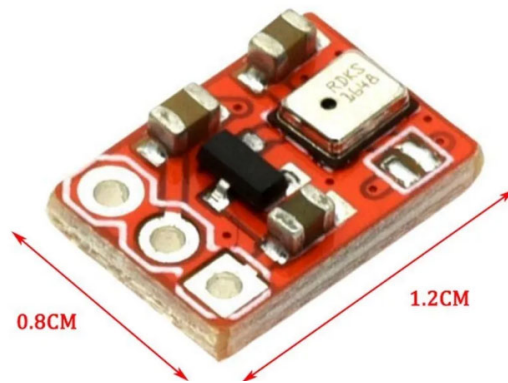


Рисунок 2.15 – Зовнішній вигляд мікрофонного модуля

2.7 Датчик барометр

Модуль датчика BME280 (температура, вологість, тиск) – нове покоління датчиків тиску, що дозволяють вимірювати не лише значення атмосферного тиску, а й температуру та вологість [10]. Датчик характеризується високою точністю вимірювання, високою швидкістю інтерфейсу та надмалим споживанням. Для підключення використовується I2C, рис.2.16.



Рисунок 2.16 – Модуль барометра

Характеристики:

- інтерфейси підключення: I2C;
- максимальна швидкість інтерфейсу: I2C до 3.4 МГц;
- межі вимірювання температури: від -40 до 85 градусів;

					<i>KPM.AKM-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44

- точність виміру температури: від 0.5 до 1 градуса;
- межі виміру вологості: від 0 до 100%;
- точність виміру вологості: 3%;
- межі вимірювання тиску: від 300 до 1100 гПа;
- точність вимірювання тиску: 1гПа;
- напруга живлення: від 1.8 до 5 В;
- споживаний струм у режимі вимірювання тиску: 714 мкА;
- споживаний струм у режимі вимірювання вологості: 340 мкА;
- струм струму в режимі вимірювання температури: 350 мкА;
- споживаний струм у режимі сну: від 0.1 мкА до 0.5 мкА;
- розміри модуля: 15 x 12 x 3 мм.

2.7 Дисплей і клавіатура

Класичного дисплейного модуля на 16 символів і 2 строки є недостатньою, тому вирішено обрати дисплейний модуль WH2004 [11], рис.2.17.

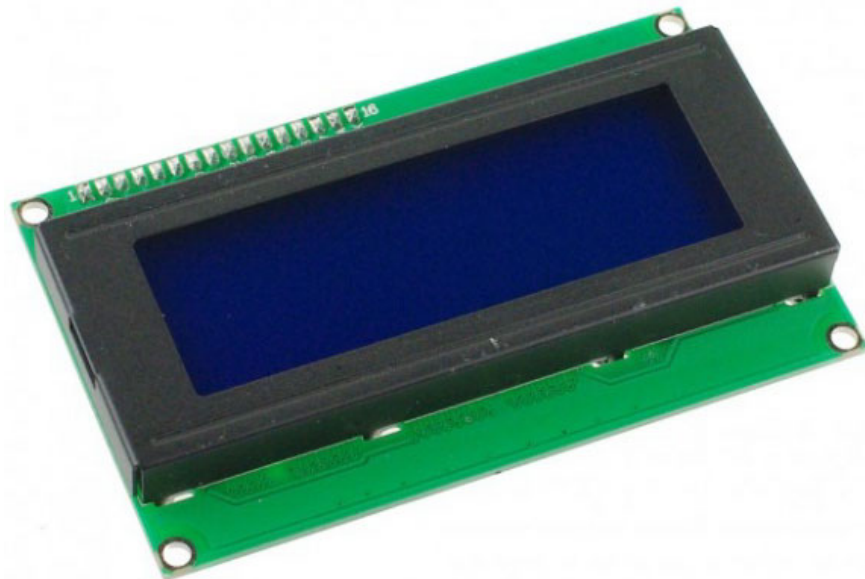


Рисунок 2.17 – Дисплейний модуль WH2004

					<i>KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		45

Текстовий дисплей 20 символів, 4 рядки. Побудований на базі сумісного чіпа з HD44780, що дозволяє працювати з ним через стандартну бібліотеку. Цей дисплей підтримує кирилицю.

З'єднання стандартне як і для всієї лінійки подібних дисплеїв на цьому контролері. Використовувати дисплей можна як у 8 так і в 4-бітному режимі.

Характеристики:

- напруга живлення: від 3,3 до 5В (при напрузі 4В для високої контрастності потрібно джерело негативної напруги для регулятора контрастності);
- напруга логічних рівнів: від 3 до 5 В;
- розміри модуля: 98 x 60 x 14 мм;
- видима область: 75 x 25 мм.

Для вводу даних у HUB-пристрої використовується клавіатура 4x4. 16-кнопочна мембранна клавіатура 4x4. 10 цифр, 4 букви, * и #.

Зручна недорога клавіатура для вводу буквенно-цифрових даних. Підходить для підключення до мікроконтролера, мала вага, зручний форм-фактор.



Рисунок 2.18 – Клавіатура 4x4

2.9 Модуль Ethernet

Модуль W5500 – це мережевий модуль Ethernet LAN, який використовується для забезпечення проектів підключенням до Інтернету. Розроблено на поширеному чіпі W5500 [12], для якого написано величезну кількість бібліотек та прикладів використання. Підтримка протоколів TCP/IP 10/100: TCP, UDP, ICMP, iP4, ARP, IGMP, PPPoE з реалізацією 8 незалежних сокетів одночасно, рис. 2.19.



Рисунок 2.19 – Модуль W5500

Модуль має стандартне мережеве з'єднання RJ-45. Вхідна напруга живлення та логічні рівні: 3,3В. Для підключення використовується високошвидкісний інтерфейс SPI. Інтерфейсний модуль сумісний із усіма платами AVR (Arduino) STM, ARM.

Технічні характеристики:

- підтримка протоколів TCP/IP 10/100: TCP, UDP, ICMP, iP4, ARP, IGMP, PPPoE;
- підтримка 8мі незалежних сокетів одночасно;
- підтримка режиму вимкнення живлення;
- підтримка Wake on LAN за UDP;
- підтримка високошвидкісного інтерфейсу SPI;

					<i>KPM.AKMМ-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- внутрішня пам'ять 32 Кбайт для буферів TX/RX;
- вбудований 10BaseT/100BaseTX Ethernet PHY;
- не підтримує фрагментацію IP;
- вхідна напруга живлення та логічні рівні: 3,3В;
- світлодіодна індикація (повний/напівдуплексний, лінійний, швидкісний, активний);
- чіп: W5500 у корпусі 48 LQFP (без домішок свинцю);
- розмір: 55 мм x 28 мм.

2.10 Модуль живлення і сонячна панель

Для забезпечення автономної роботи модуля збору інформації, необхідно забезпечити його індивідуальним живленням, яке побудоване на основі сонячної панелі (рис.2.20) і модуля живлення .

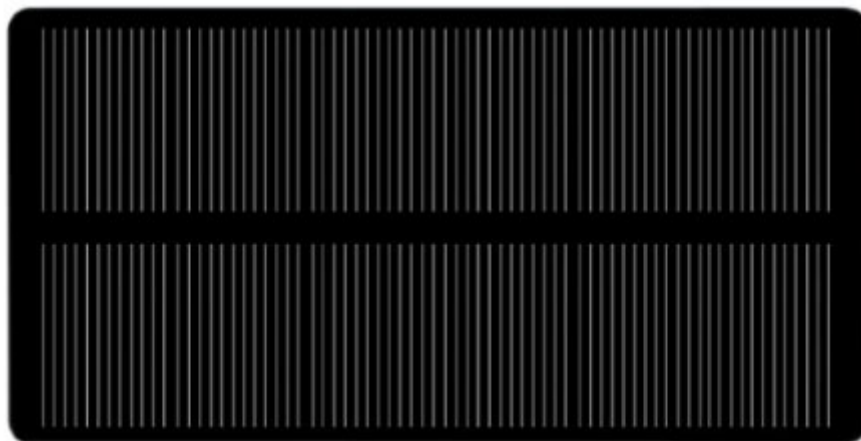


Рисунок 2.20 – Сонячна панель

Обрана сонячна батарея АК13373, розмір 133x73мм, потужність 1,08Вт, напруга 6v, струм 210 mA, тип панелі - моно.

Для роботи панелі і зарядки літєвої акумуляторної батареї 18650 використовується модуль CN3791 із MPPT-режимом [13], рис. 2.21.

					<i>КРМ.АКМм-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		48

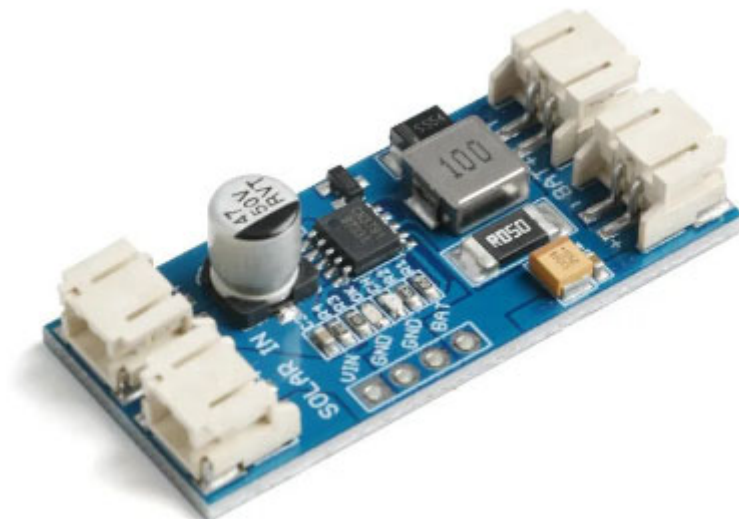


Рисунок 2.21 – Загальний вигляд модуля живлення

Принцип роботи пристроїв MPPT ґрунтується на визначенні точки максимального значення потужності сонячної батареї для подальшої зарядки акумулятора.

Цей модуль може оптимально заряджати один Li-ion/Li-pol акумулятор з максимальною напругою заряду 4.2В.

Основні характеристики:

- вхідна напруга: 6В (номінальна напруга сонячної панелі);
- вихідна напруга: номінально 3.7В, повний заряд $4.2 \pm 1\%$ літійсвий акумулятор;
- інтерфейс: 2pin PH2.0/JST;
- зарядний струм: 2А;
- частота ШІМ: 300кГц;
- температура середовища: від - 40 до +85;
- розмір: 45X20X9, 5 мм

					<i>KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Схема включення модуля зарядки, зображено на рис. 2.22.

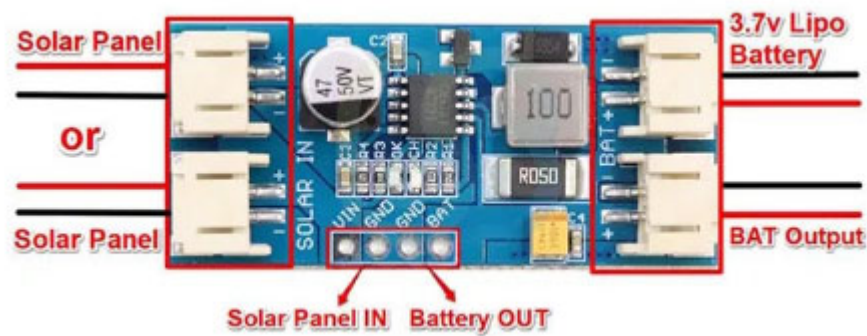


Рисунок 2.22 – Схема включення модуля живлення

Основні функції:

- функція відстеження точки максимального значення потужності сонячної батареї;
- повне керування зарядкою одноелементної літієвої батареї;
- постійний зарядний струм встановлюється зовнішнім резистором;
- крапельна зарядка глибоко розрядженої батареї;
- функція автоматичного перезарядження;
- індикація стану заряджання та завершення заряджання;
- функція плавного запуску;
- захист від перенапруги на клеммах акумулятора.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КРМ.АКММ-16.00.00.000ПЗ

Арк.

50

3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ БДЖОЛИНОЇ СІМ'Ї

3.1 Опис розробленої системи і результатів

В результаті проведених проектних робіт було розроблено друковану плату в середовищі P-CAD, рис.3.1, а також було зібрано плату управління для системи моніторингу бджолоїної сім'ї, яка реалізується шляхом підключення вузлів і елементів і виконує поставлені на неї функціональні задачі, рис.3.2.

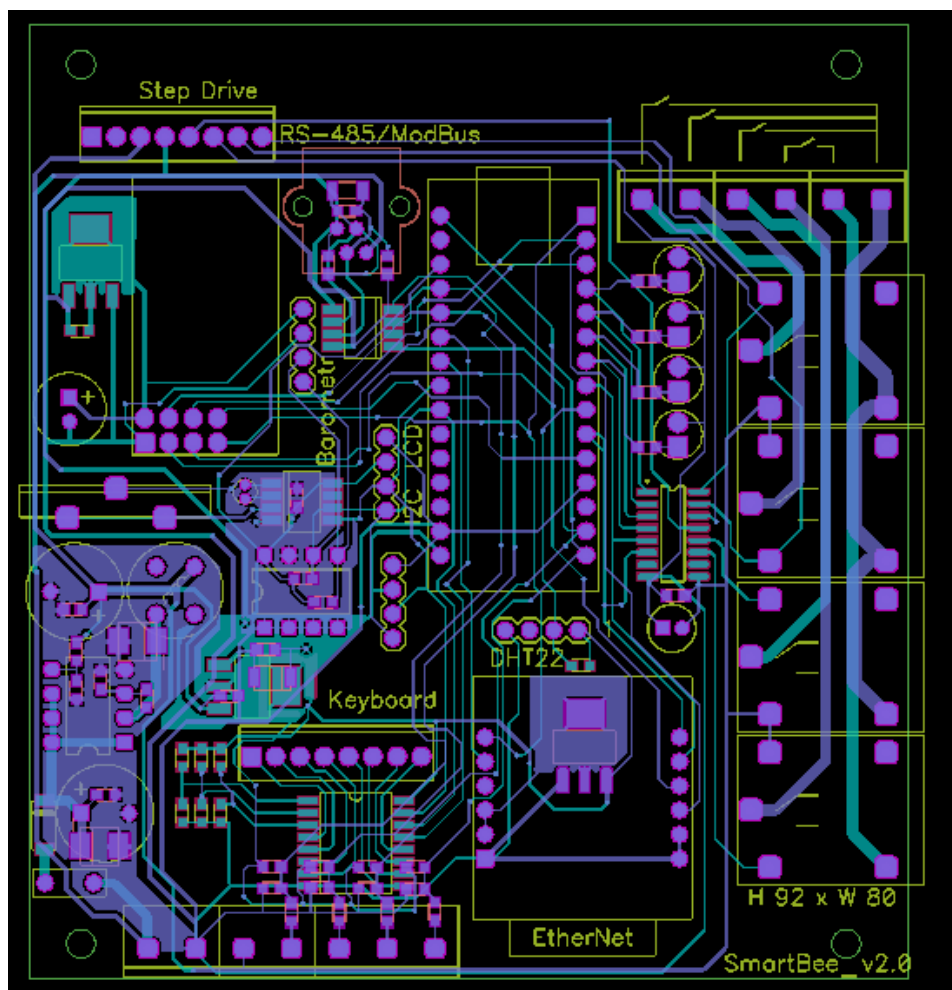


Рисунок 3.1 – Друкована плата

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

KPM.AKM-16.00.00.000ПЗ

Арк.

51

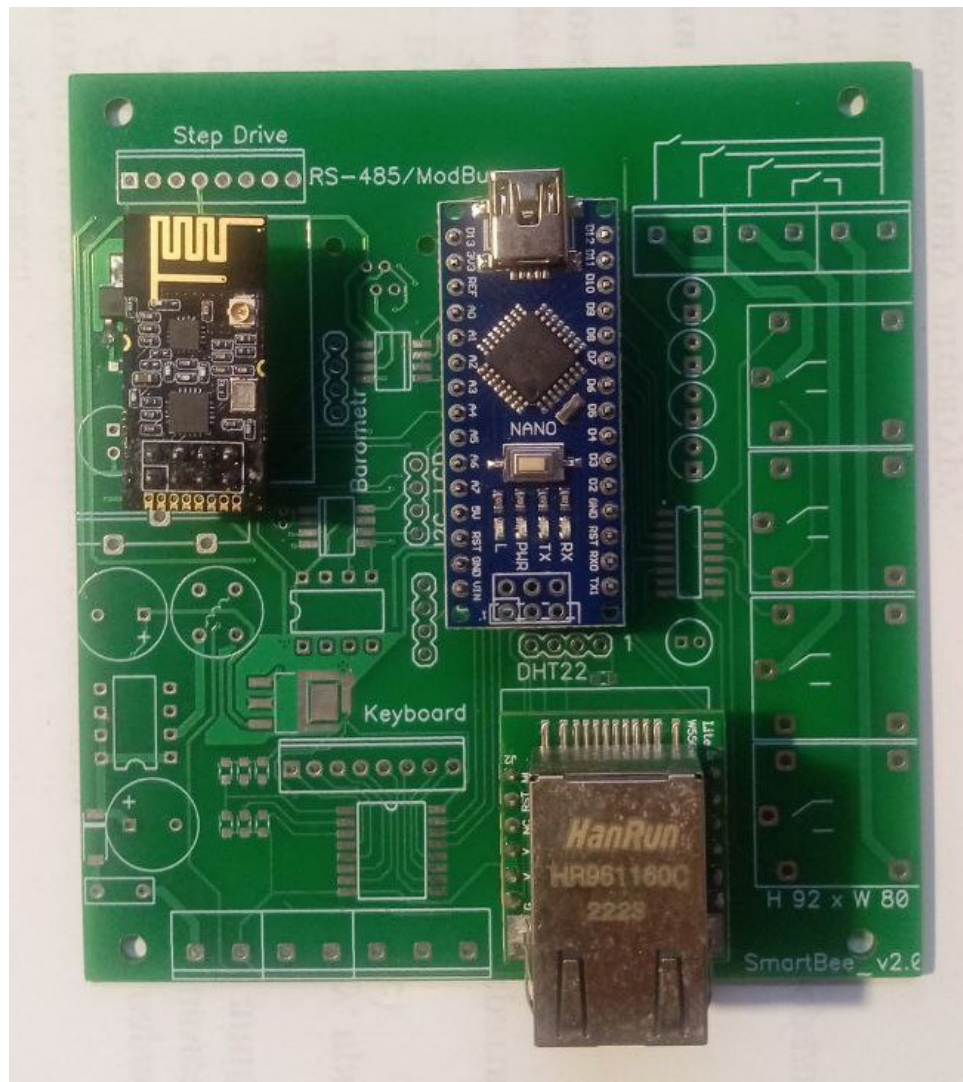


Рисунок 3.2 – Виготовлена плата HUB-блоку із частково встановленими елементами

Плата моніторингу містить 4 реле управління виконавчими механізмами, це передусім нагрівні елементи для вуликів, які призначені для підігріву слабких сімей зимою під час зимівлі на відкритому повітрі. Сюди ж передбачено посадочні місця для клемників, які дозволяють спростити підключення елементів вводу-виводу. Плата виконана у двосторонньому форматі, що дозволяє зменшити габарити самої плати, не порушуючи при цьому можливість і доступність проведення налагодження чи ремонту в разі необхідності.

										Арк.
										52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ					

На рис. 3.3 зображено виготовлений мною давач системи, що включає в собі давач вологості і температури а також аудіодавач. Всі вони вміщені в одному корпусі з підключеним до нього кабелем.

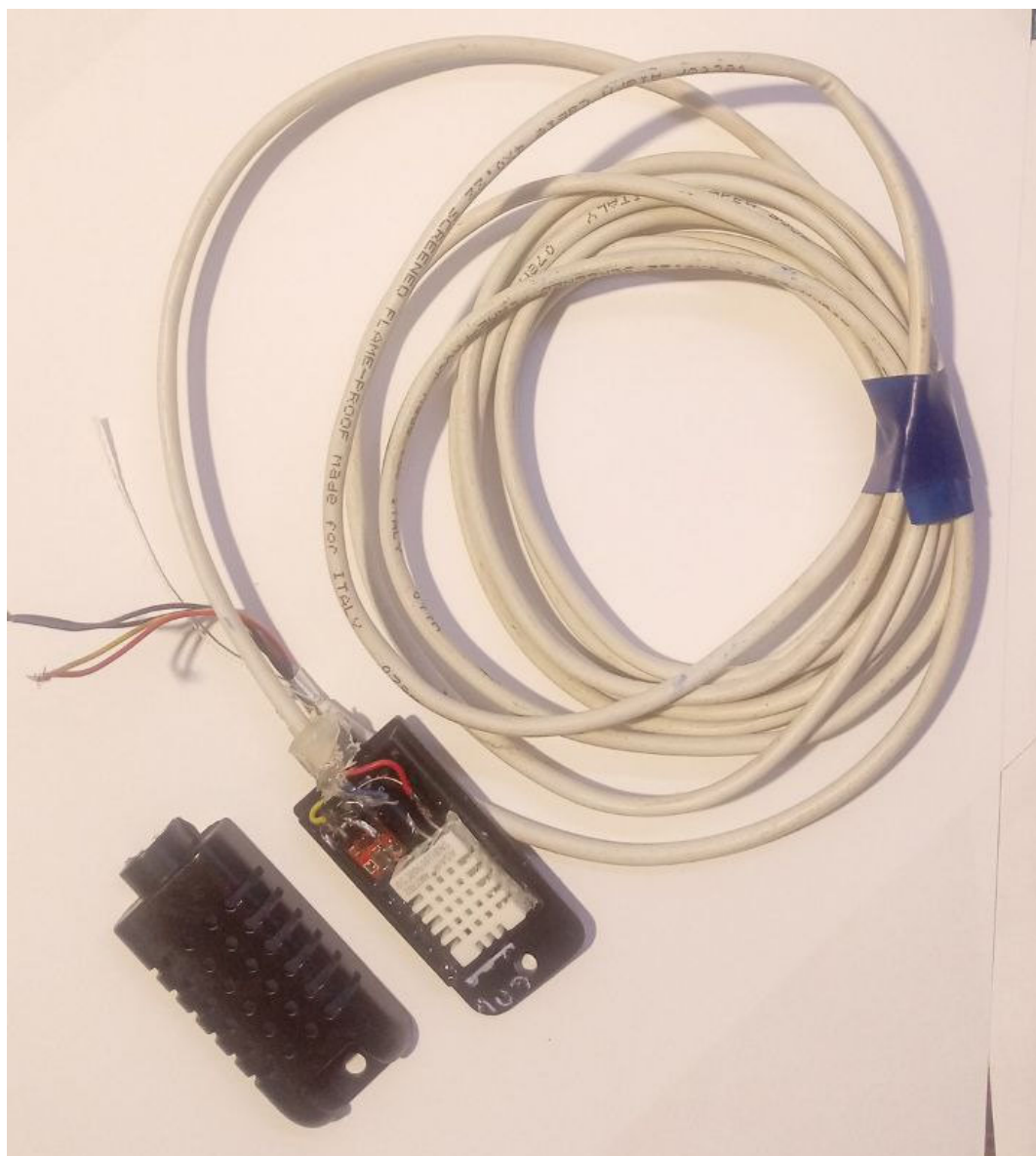


Рисунок 3.3 – Давач інформації блоку збору інформації

Давач ваги було вирішено розмістити у пластиковому корпусі, виготовлений 3D-друком. Це пов'язано із необхідністю його захисту від прямого атмосферного впливу, зокрема атмосферних опадів, рис. 3.4.

					КРМ.АКМм-16.00.00.000ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 3.4 – Давач ваги блоку збору інформації

У випадку недостатньої температури і запобіганню переохолодження клубу бджіл при зимівлі, було використано спеціалізований алюмінієво-керамічний РТС нагрівач з номінальною потужністю 200Вт, рис. 3.5.

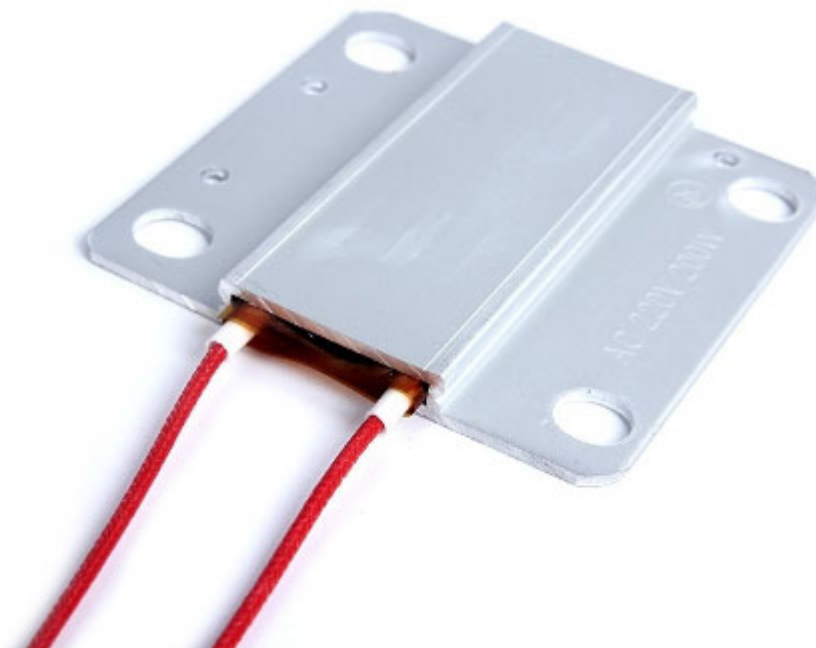


Рисунок 3.5 – Нагрівний РТС-елемент

РТС нагрівач в алюмінієвому корпусі з термостабілізацією не перегрівається внаслідок позитивно вираженої залежності опору від температури елемента РТС, виготовленого з титанату барію ($BaTiO_3$). Холодна сторона елемента має низький опір, але при досягненні те-ри Кюрі (у моєму

					КРМ.АКММ-16.00.00.000ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

випадку 40 °С) опір швидко зростає і струм зменшується, зменшуючи при цьому нагрівання. Нагрівач не вимагає спеціальних пристроїв управління та стабілізації, вмикається в мережу 220В.

Система моніторингу значно спрощує участь бджоляра у житті пасіки, адже надає йому всю необхідну інформацію про біологічний стан бджолиної, тим самим вивільнює його для інших видів робіт і дозволяє більш гнучко проводити планування.

					<i>КРМ.АКМм-16.00.00.000ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		55

ВИСНОВКИ

У даній магістерській роботі було спроектовано апаратну частину системи моніторингу біологічних параметрів бджолої сім'ї, на базі AVR-мікроконтролера, а також було проведено вибір і розроблення необхідних компонентів і вузлів системи.

Розробка системи була здійснена з прив'язкою до обраного об'єкту, а саме – бджолої вулику. Система володіє усіма запланованими функціями і в результаті свого функціонування значно спрощує працю бджоляра.

Система дозволяє здійснювати вимірювання і моніторинг вологості та температури – це дозволяє здійснювати оперативний контроль за кліматичними умовами бджолої сім'ї як під зимівлі та і під час медозбору. Відхилення від цих параметрів дозволяє бджоляру швидко реагувати для їх усунення, що в результаті зводить до мінімуму ймовірність втрати сім'ї.

Також система дозволяє здійснювати контроль за вагою вулика. Особливо це важливо в період медозбору. Пасічник може оперативно при потребі добавляти магазинні надставки для збору меду або якщо приріст ваги є незначним – здійснювати оперативне втручання для виявлення причин пасивної роботи сім'ї. Окрім цього різка втрата ваги свідчить про роїння чи крадіжку.

Аналіз звукових коливань створює перспективи для аналізу поведінки сім'ї і бджолої матки, що створює нові виклики для аналізу поведінки живих організмів і їх колоній.

					<i>KPM.AKMm-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Wikipedia. Бджолина сім'я – Режим доступу:

URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B4%D0%B6%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%96%D0%BC%27%D1%8F (дата звернення: 20.05.2024)

2. Бджолина сім'я, біологія – Режим доступу:

URL: <https://buklib.net/books/34296/> (дата звернення: 21.05.2024)

3. Розумна пасіка – Режим доступу:

URL: <https://www.i-bee.net/> (дата звернення: 20.05.2024)

4. ApisProtect – Режим доступу:

URL: <https://www.eu-startups.com/directory/apisprotect/> (дата звернення: 20.05.2024)

5. Пасіка онлайн – Режим доступу:

URL: <https://www.pasonline.net/> (дата звернення: 10.05.2024)

6. Модуль NRF24101 – Режим доступу:

URL: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/besprovodnoy-transiver-nrf24101-s-usilitelem/> (дата звернення: 21.05.2024)

7. 8-bit Microcontroller with 4K Bytes Programmable Flash. ATmega328

URL: <http://www.atmel.com> (дата звернення: 20.05.2024)

8. Датчик температури та вологості

URL: <https://cutt.ly/pthusuJ> (дата звернення: 20.03.2024)

9. Модуль ваги HX711 – Режим доступу:

URL: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/hx711-module-ad%D1%81> (дата звернення: 22.05.2024)

10. Барометр BME280 – Режим доступу:

URL: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/barometr-termometr-gigrometr-bme280> (дата звернення: 20.05.2024)

					<i>КРМ.АКММ-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		57

11. HD44780 [Електронний ресурс]: HD44780 – Режим доступу:
<http://www.solomon-systech.com/en/product/display-ic/smart-tft-lcd-driver-controller/ssd1289/>. (дата звернення: 20.05.2024)
12. Модуль WizNet W5500 – Режим доступу:
 URL: <https://www.mini-tech.com.ua/w5500-ethernet-modul> (дата звернення: 23.05.2024)
13. Модуль MPPT CN3791 – Режим доступу:
 URL: <https://radiostore.com.ua/p1285113518-kontroler-zaryadu-sonyachnih.html>
 (дата звернення: 22.05.2024)
14. DS18B20 Sensor URL:<http://www.dallasm.com/> (дата звернення: 20.05.2024)

					<i>КРМ.АКМм-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		58

БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема: Розроблення апаратного та технічного забезпечення системи контролю життєвих параметрів колонії медоносних бджіл

Обсяг ПЗ складає 59 аркушів

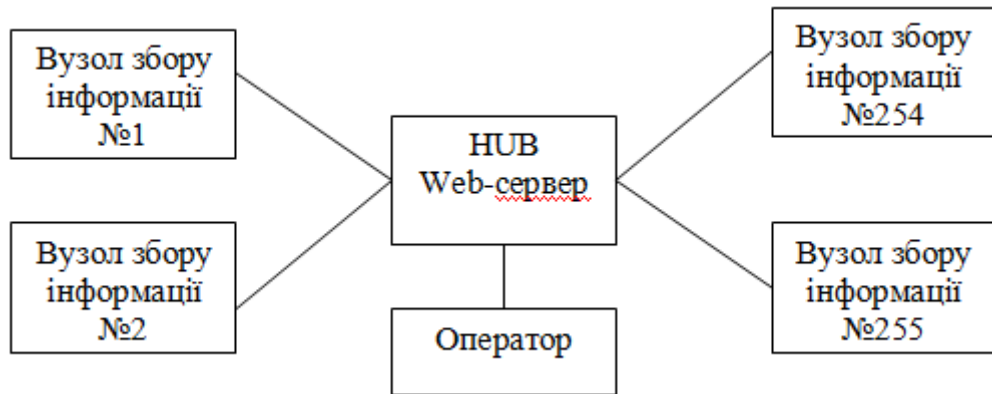
Перелік креслень графічної частини:

- КРМ.АКСм-16.00.00.000Е1 – Схема структурна (аркушів 1);
- КРМ.АКСм-16.00.00.001Е1 – Схема структурна (аркушів 1);
- КРМ.АКСм-16.00.00.000Е2 – Схема функціональна (аркушів 1);
- КРМ.АКСм-16.00.00.001 – Друкована плата (аркушів 1);
- КРМ.АКСм-16.00.00.002 – Фото пристрою (аркушів 1);

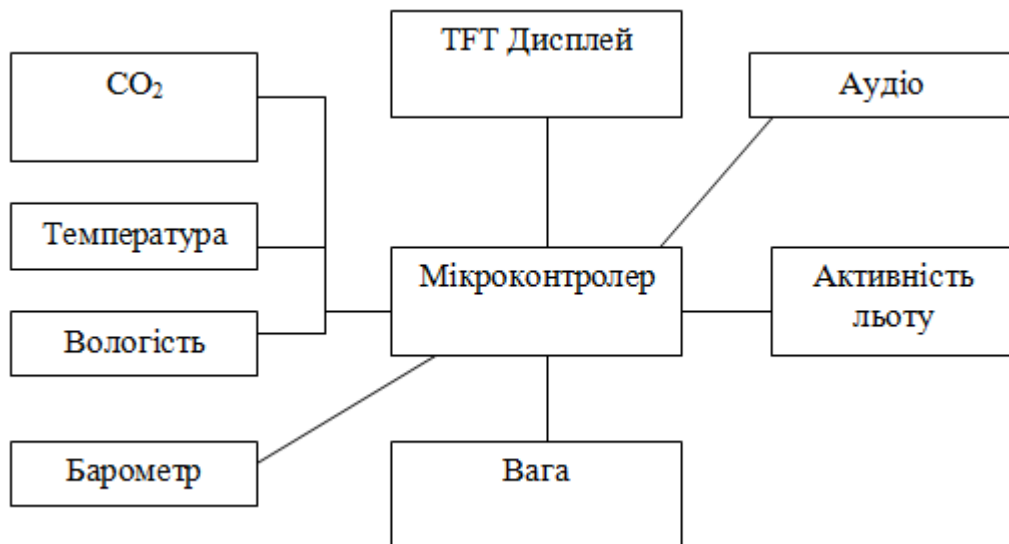
Дата закінчення виконання магістерської роботи: _____

Студент-дипломник _____ Мулик Т.В.

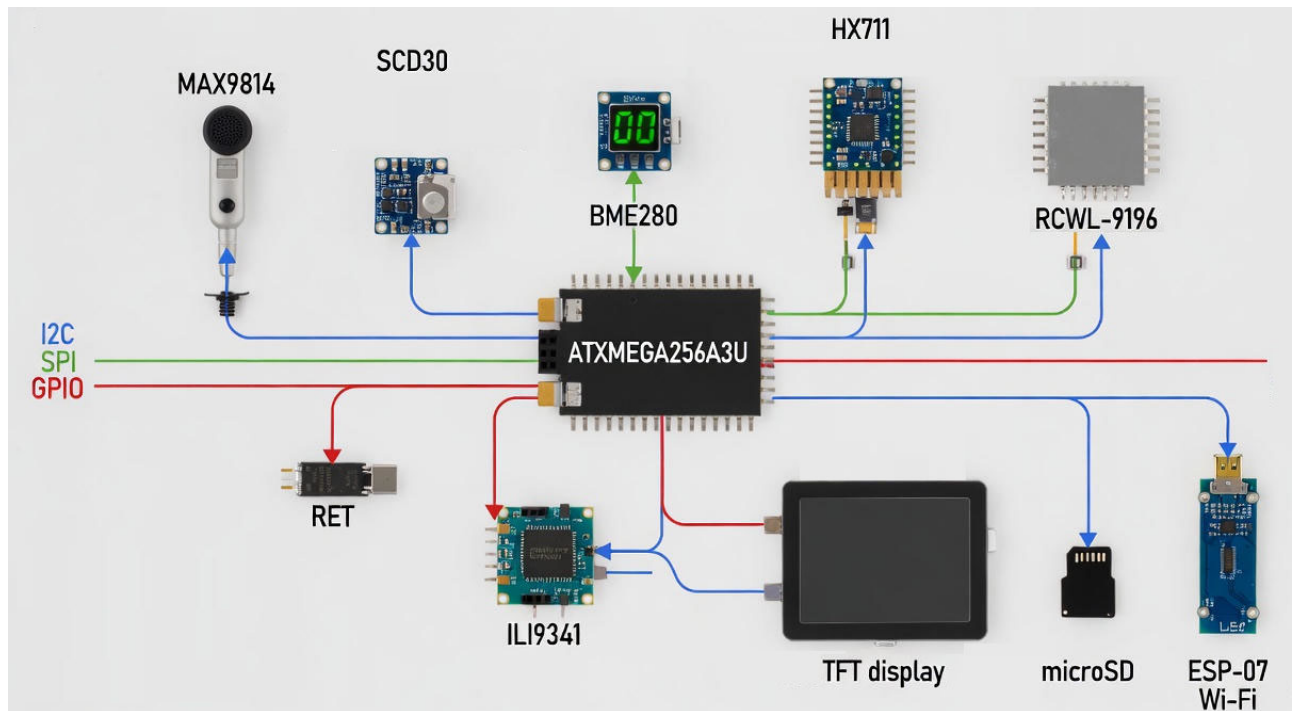
					<i>КРМ.АКСм-16.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59



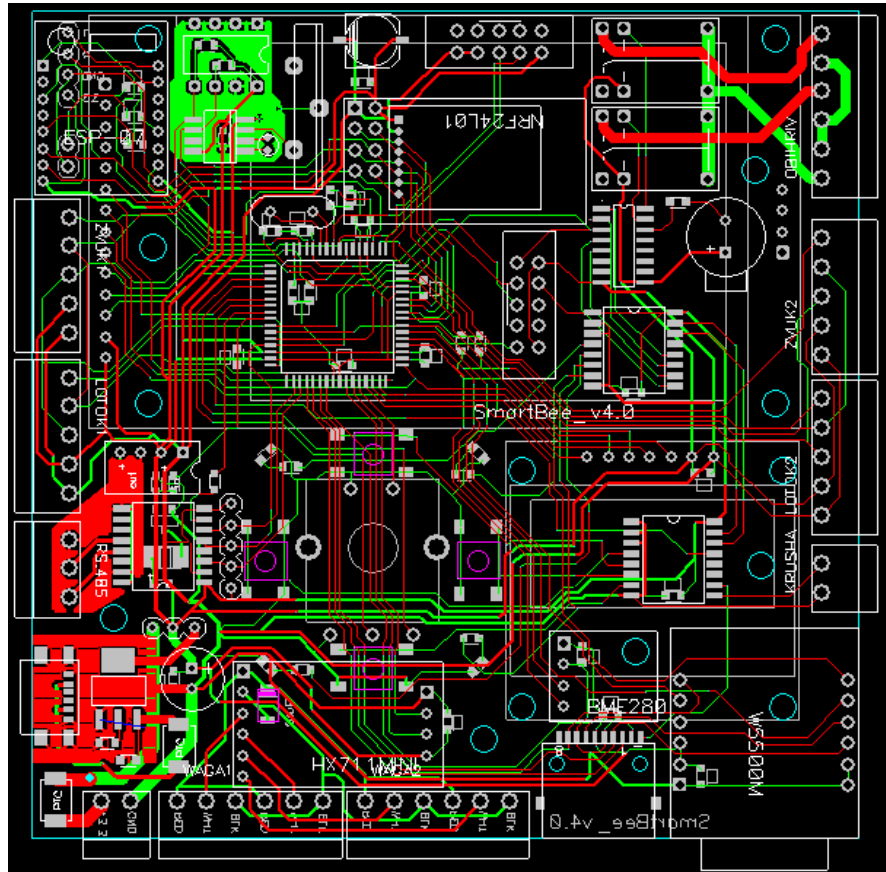
					КРМ.АКСМ-16.00.00.000 Е1			
					<i>Розроблення апаратного та технічного забезпечення системи контролю життєвих параметрів колонії медоносних бджіл Схема структурна</i>	Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Н		
Розроб.	Мулик					Аркуш	1	Аркушів
Перевір.	Левицький					ІФНТУНГ АКСМ-24-1		
Т.контр.								
Реценз.								
Н.контр.	Возний							
Затв.	Заміховський							



					КРМ.АКСМ-16.00.00.001 Е1			
					<i>Розроблення апаратного та технічного забезпечення системи контролю життєвих параметрів колонії медоносних бджіл Схема структурна</i>	Літ.	Маса	Масштаб
						Н		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Аркуш	1	Аркушів
Розроб.	Мулик					ІФНТУНГ АКСМ-24-1		
Перевір.	Левицький							
Т.контр.								
Реценз.								
Н.контр.	Возний							
Затв.	Заміховський							



					KPM.AKCM-16.00.00.000 E2			
					<i>Розроблення апаратного та технічного забезпечення системи контролю життєвих параметрів колонії медоносних бджіл Схема функціональна</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Н			
Розроб.		Мулик						
Перевір.		Левицький						
Т.контр.								
Реценз.								
Н.контр.		Возний						
Затв.		Заміховський						
					Аркуш 1		Аркушів	
					ІФНТУНГ AKCM-24-1			



KPM.AKCM-16.00.00.001

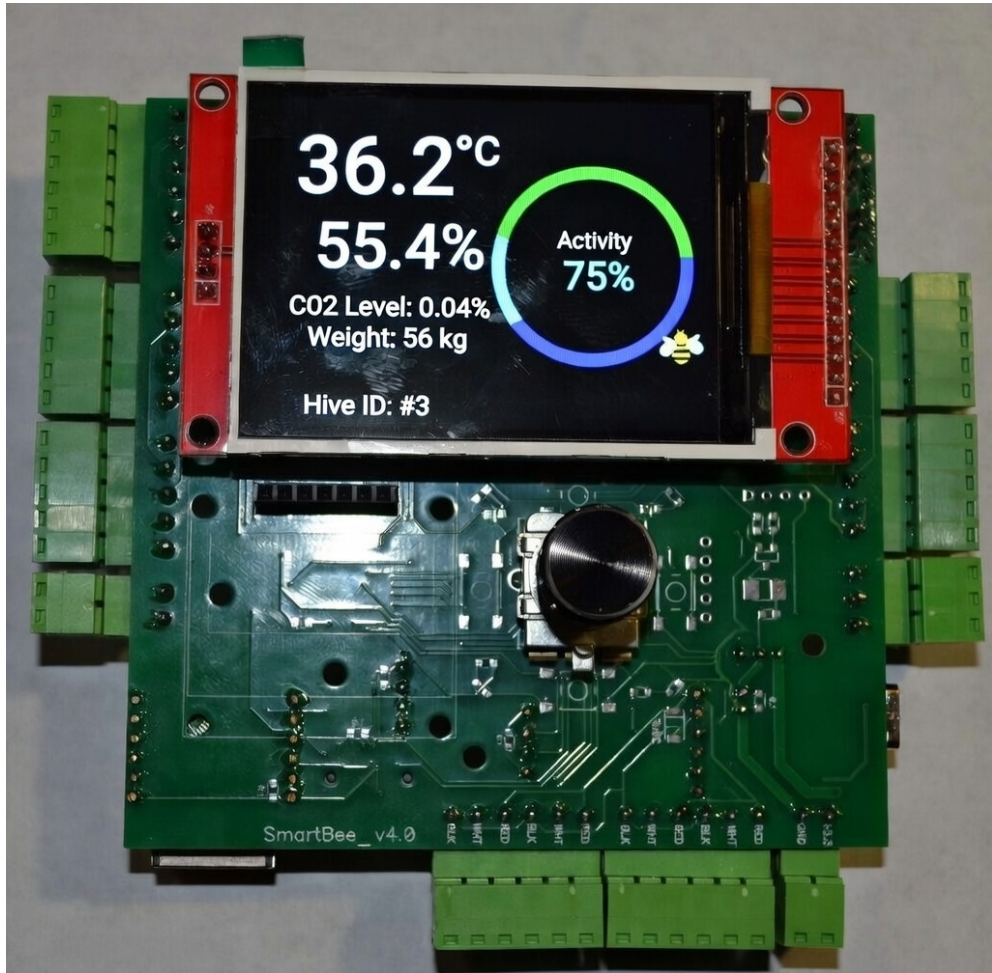
*Розроблення апаратного та технічного
забезпечення системи контролю
життєвих параметрів колонії
медоносних бджіл
Друкована плата*

Літ.	Маса	Масштаб
Н		

Аркуш 1 | Аркушів

ІФНТУНГ
AKCM-24-1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Мулик		
Перевір.		Левицький		
Т.контр.				
Реценз.				
Н.контр.		Возний		
Затв.		Заміховський		



					KPM.AKCM-16.00.00.002					
					<i>Розроблення апаратного та технічного забезпечення системи контролю життєвих параметрів колонії медоносних бджіл Фото пристрою</i>			Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				Н		
Розроб.	Мулик				Аркуш 1		Аркушів			
Перевір.	Левицький				ІФНТУНГ AKCM-24-1					
Т.контр.										
Реценз.										
Н.контр.	Возний									
Затв.	Заміховський									