

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Програмно-апаратний засіб для автоматизації процесу годування домашніх


тварин  
Назва теми

КвРКІ 220115.22.01.09 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»  
Назва

Виконав: студент III курсу, група K12c-22-1  Олександр КОСТЮК  
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник  Василь ЯЦКІВ  
Підпис, дата Ініціали, прізвище

Нормоконтролер  Тетяна КИСІЛЬ  
Підпис, дата Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних  
систем

  
Підпис

Ольга ПАВЛОВА  
Ініціали, прізвище

«19» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ольга ПАВЛОВА

“ 10 ” 01 2025 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Олександр КОСТЮКУ

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Програмно - апаратний засіб для автоматизації процесу годування домашніх тварин.

Керівник проекту (роботи) Василь ЯЦКІВ, д.т.н., проф.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 07.02.2025 р. № 23

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

Програмно - апаратний засіб для автоматизації процесу годування домашніх тварин та постановка задачі щодо її удосконалення

Проектування програмно - апаратного засобу для автоматизації процесу годування домашніх тварин

Програмно-апаратна реалізація засобу для автоматизації процесу годування домашніх тварин

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Схема електрична принципова

Алгоритми роботи системи

Схема монтажна

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Тетяна КИСІЛЬ, доцент кафедри КПС		
Антиплагіат	Андрій НІЧЕПОРУК, доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання

« 10 » 01 2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2025	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконано
3	Робота над розділом 1 - дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2025	виконано
4	Робота над розділом 2 - вибір компонентів для проектування засобу для автоматизації процесу годування домашніх тварин	01.04.2025	виконано
5	Робота над розділом 3 - проектування засобу для автоматизації процесу годування домашніх тварин	29.04.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент

Підпис

Олександр КОСТЮК  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис

Василь ЯЦКІВ  
Ініціали, прізвище



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Програмно - апаратний засіб для автоматизації процесу годування домашніх тварин».

Автор роботи: Олександр КОСТЮК.

Керівник роботи: Яцків Василь Васильович.

Пояснювальна записка: 58 с., 7 рис., 1 табл., 3 дод., 46 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

АВТОМАТИЗОВАНА ПОДАЧА КОРМУ, КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, АРХІТЕКТУРА, ІОТ, МІКРОКОНТРОЛЕР.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка та реалізація програмно-апаратного засобу для автоматизованої подачі корму домашнім тваринам з можливістю дистанційного керування та роботи за заданим розкладом. Основна увага приділена створенню зручного інтерфейсу керування, а також забезпеченню стабільності, точності дозування та безпеки функціонування пристрою в умовах домашнього середовища.

Об'єктом роботи є програмно-апаратна система автоматизованої подачі корму.

Предметом роботи є апаратна реалізація, логіка керування, програмне забезпечення та механізми взаємодії між компонентами системи автоматизованої годівниці.

Під час проведення даного дослідження був використаний метод систематичного огляду літератури для вивчення і аналізу предметної області даного дослідження з текстових джерел інформації.



Підпис студента

30.05.2025

Дата

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	3
<b>1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ГОДУВАННЯ ТВАРИН</b> .....	5
1.1 Огляд існуючих рішень .....	5
1.2 Проблеми та обмеження сучасних годівниць .....	8
1.3 Системи керування та моніторингу в побутових IoT-пристроях.....	11
1.4 Постановка задачі.....	14
<b>2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ГОДУВАННЯ</b> ..	16
2.1 Архітектура системи.....	16
2.2 Вибір апаратної платформи та обґрунтування.....	19
2.3 Розробка алгоритму подачі корму.....	24
2.4 Розробка вебінтерфейсу .....	29
2.5 Схемотехніка та структурна схема системи.....	32
2.6 Висновки до другого розділу .....	36
<b>3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ГОДУВАННЯ ТВАРИН</b> .....	39
3.1 Розгортання вебінтерфейсу .....	39
3.2 Програмна логіка алгоритму подачі корму .....	42
3.3 Тестування роботи системи .....	45
3.4 Розробка апаратної частини .....	49
3.5 Результати роботи .....	54
3.6 Перспективи вдосконалення .....	56
3.7 Висновки до третього розділу.....	58
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	60
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ</b> .....	62
<b>ДОДАТОК А</b> .....	67
<b>ДОДАТОК Б</b> .....	68
<b>ДОДАТОК В</b> .....	69

КвРКІ 220115.22.01.09 ПЗ								
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Програмно - апаратний засіб для автоматизації процесу годування домашніх тварин. Пояснювальна записка	Літера	Арквщ	Арквщів
Виконав		Олександр Костюк				у		
Перевір.		Василь ЯЦКІВ					2	72
Н.контр.		Тетяна КИСІЛЬ		12.06.21		ХНУ КІ2с-22-1		
Затвер.		Ольга ПАВЛОВА		12.06.21				

## ВСТУП

Актуальність обраної теми визначається стрімким розвитком кіберфізичних систем, які дедалі активніше інтегруються у повсякденне життя. У сучасному техноцентричному суспільстві такі системи формують основу для реалізації концепції Інтернету речей, де фізичні об'єкти отримують здатність обмінюватися даними між собою та з цифровим середовищем. Серед напрямів, у яких кіберфізика відіграє ключову роль, особливо виділяється побутовий сегмент. Саме тут виникає нагальна потреба в автоматизації рутинних дій, оптимізації витрат часу та підвищенні комфорту користувачів. У відповідь на ці виклики активно створюються розумні пристрої, які можуть самостійно приймати рішення на основі аналізу навколишнього середовища, встановлених правил або віддалених команд.

Одним із прикладів реалізації таких рішень є автоматизовані системи догляду за домашніми тваринами. У цьому контексті особливу увагу привертає завдання автоматичного годування, яке має вирішуватися з урахуванням надійності, точності дозування, можливості налаштування розкладу та забезпечення віддаленого контролю. Стиль життя багатьох людей сьогодні характеризується високим рівнем зайнятості, частими відрядженнями або нестабільним графіком. Через це виникає потреба в такому інтелектуальному пристрої, який зможе самостійно забезпечити годування тварин у визначений час, незалежно від присутності власника. Це питання стосується не лише зручності, а й благополуччя живої істоти, яка потребує регулярного доступу до їжі.

Окрім базової функції подачі корму, особливу важливість має можливість інтерактивної взаємодії користувача із системою. Наявність засобів дистанційного керування – через браузер, мобільний застосунок або вебінтерфейс – істотно розширює функціональність і дозволяє забезпечити повний контроль над процесом, навіть перебуваючи поза межами дому. Також перспективним виявляється додавання модулів відеоспостереження, що дозволяє не лише спостерігати за твариною, а й отримувати візуальний зворотний зв'язок щодо

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

споживання їжі та поведінки у реальному часі. Це створює передумови для реалізації більш складних сценаріїв автоматизації, які враховують стан тварини, її активність та індивідуальні потреби.

Розробка власного програмно-апаратного засобу у межах побутової кіберфізичної системи дозволяє поєднати низку технологій: використання сучасного мікроконтролера для обробки подій, застосування виконавчих механізмів (зокрема сервоприводів) для реалізації фізичних дій, організація передачі даних через бездротові інтерфейси, а також побудова зрозумілого та зручного інтерфейсу для взаємодії користувача з пристроєм. Це комплексне завдання охоплює як технічні, так і ергономічні аспекти, що робить його надзвичайно актуальним і перспективним для подальшого впровадження у побут.

Метою дипломної роботи є розробка автоматизованого програмно-апаратного комплексу, здатного виконувати автономну подачу корму для домашніх тварин відповідно до заздалегідь визначеного розкладу або у відповідь на зовнішні події, з одночасною підтримкою дистанційного керування та можливістю моніторингу через інтерфейс.

Об'єктом дослідження виступає функціонування програмно-апаратного засобу, що реалізує автоматизовану подачу корму в межах побутової кіберфізичної системи.

Предметом дослідження є технічні особливості апаратної реалізації, алгоритмічна структура програмного забезпечення, організація керування виконавчими пристроями та засоби віддаленої взаємодії з користувачем у системі годування домашніх тварин.

					КвРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ГОДУВАННЯ ТВАРИН

## 1.1 Огляд існуючих рішень

На сьогодні ринок автоматизованих пристроїв для домашніх тварин демонструє помітну динаміку зростання, що є закономірним наслідком зростання рівня урбанізації, зайнятості населення та загального тренду на цифровізацію побуту. Усе частіше власники тварин шукають способи забезпечити належний догляд за улюбленцями навіть у моменти, коли фізично не можуть бути поряд. Це спричинило появу цілого класу рішень, спрямованих на автоматизацію рутинних завдань, зокрема процесу годування. Автоматичні годівниці стали відповіддю на цю потребу, поєднавши функціональність, інженерну думку та зручність [1].

Серед найпоширеніших продуктів споживчого сегмента можна відзначити моделі, що поєднують класичну ємність для корму з електромеханічним дозатором. Як правило, такі пристрої мають модуль годинника реального часу або внутрішнє програмне забезпечення, яке дозволяє встановлювати часові рамки для подачі їжі. У деяких випадках система може включати базову індикацію або звукові сигнали, що повідомляють про подію [2].

Проте ринок не обмежується простими рішеннями. Виробники дедалі частіше інтегрують у свої пристрої сучасні технології - зокрема, Wi-Fi модулі, мобільні додатки для дистанційного керування, механізми резервного живлення та навіть камери для відеоспостереження [3]. Це свідчить про тенденцію до ускладнення структури пристрою, що водночас відкриває нові можливості для користувача. Такі годівниці вже виходять за межі простої автоматики й стають частиною системи розумного дому [4].

До прикладу, одна з найвідоміших моделей на ринку - PetSafe Smart Feed (рис. 1.1) - поєднує високий рівень автономності з мобільною інтеграцією. Користувач має змогу керувати процесом годування зі смартфона, отримуючи сповіщення про події та зміни в системі. Такий підхід значно підвищує комфорт

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

користувача, дозволяючи контролювати стан пристрою навіть перебуваючи за межами дому. Також модель передбачає адаптацію об'єму порцій, що важливо в контексті здорового харчування тварини [5].



Рисунок 1.1 – PetSafe Smart Feed

Інші моделі, як-от WOPET (рис. 1.2), додають емоційний компонент до автоматизації, дозволяючи власникові записувати голосові повідомлення. Це, з одного боку, зберігає елемент присутності людини в житті тварини, а з іншого - формує певну рутину, завдяки якій улюбленець почувається спокійніше під час самотнього прийому їжі [6]. Деякі годівниці акцентують увагу на естетиці дизайну або компактності, інші ж - на надійності механізму подачі корму, здатності працювати з різними його фракціями чи можливості інформувати про необхідність поповнення резервуару.

Водночас, незважаючи на різноманіття функцій, частина комерційних пристроїв має обмеження. Деякі моделі не підтримують налаштування логіки поведінки, прив'язані до фіксованого набору сценаріїв або не дозволяють інтегруватися з іншими побутовими системами. Крім того, вартість багатьох

розумних пристроїв такого типу залишається досить високою, що ускладнює їх широке розповсюдження [7].



Рисунок 1.2 – WOPET

На противагу цьому, своє місце займає спільнота ентузіастів, яка віддає перевагу самостійній розробці подібних пристроїв. DIY-підхід надає можливість повністю контролювати апаратну й програмну частину системи, змінювати логіку керування, експериментувати з форматом подачі корму, реалізовувати нестандартні ідеї. Завдяки поширенню відкритих платформ - зокрема Arduino, ESP8266, ESP32 - та підтримці з боку спільнот, створення автоматичної годівниці власноруч стало технічно доступним навіть для студентів і початківців у сфері електроніки [81].

Проекти такого типу часто супроводжуються докладними інструкціями, публікуються у відкритих джерелах і активно обговорюються на тематичних форумах, зокрема на GitHub, Hackster.io, Instructables тощо. Це забезпечує вільний обмін знаннями та сприяє швидкому вдосконаленню нових рішень. З одного боку, це знижує вартість проєкту, з іншого - вимагає базових навичок з паяння, моделювання схем, написання коду, налаштування модулів зв'язку тощо. Крім того, самостійні рішення зазвичай не проходять сертифікації, тому рівень надійності та безпеки залежить винятково від компетентності розробника [9].

У цілому, аналізуючи сучасний стан ринку, можна дійти висновку, що існує достатня кількість як готових, так і кастомізованих рішень, що відповідають різним потребам. Комерційні пристрої вирізняються стабільністю, привабливим виглядом і простотою експлуатації, проте обмежені з погляду гнучкості. Натомість DIY-рішення забезпечують максимальну адаптацію та можливість розширення функціоналу, але вимагають технічної підготовки. Саме на стику цих двох підходів - у спробі поєднати надійність комерційних пристроїв із гнучкістю DIY-систем - і ґрунтується ідея проєкту, представлена в межах цієї дипломної роботи [10].

## 1.2 Проблеми та обмеження сучасних годівниць

Хоча сучасні автоматизовані системи годування домашніх тварин демонструють високий рівень технологічної зрілості, на практиці вони нерідко стикаються з низкою проблем, які суттєво знижують їхню ефективність та обмежують сферу застосування. Незважаючи на помітний прогрес у цій галузі, існує певна прірва між тим, що пропонують виробники, і тим, чого насправді очікує користувач у реальних побутових умовах. Зовнішня зручність і функціональність, що декларується у рекламних матеріалах, не завжди корелює з практичною надійністю та адаптивністю таких пристроїв до змінних обставин [11].

Однією з ключових проблем залишається відсутність універсальності. Більшість готових рішень розроблено з розрахунком на стандартну поведінку тварини та звичайний побутовий сценарій. Водночас у реальному житті існує велике розмаїття ситуацій: у когось удома перебуває кілька тварин, які мають різний апетит, у когось - специфічний графік годування, а в когось - тварина з особливими потребами, що вимагає нестандартного підходу [12]. Переважна більшість годівниць не здатна адаптувати свою поведінку до таких умов, оскільки керуються фіксованими параметрами, які майже не піддаються гнучкому налаштуванню [13].

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також варто звернути увагу на обмеженість способів взаємодії з користувачем. У багатьох пристроях функціонал мобільного застосунку зводиться до кількох базових дій, зокрема встановлення розкладу та ручної подачі корму. Такий підхід створює ілюзію дистанційного контролю, але насправді не забезпечує повноцінного зворотного зв'язку. Користувач не може впевнено знати, чи справді відбулася подача корму, чи не виникло збоїв у механізмі, чи не засипався корм у резервуарі. Особливо це критично в ситуаціях, коли тварина перебуває вдома одна протягом кількох днів [14].

Ще однією не менш значущою проблемою є механічна ненадійність. Відомо, що деякі моделі з часом починають працювати з перебоями через зношування рухомих частин, особливо якщо мова йде про подачу сипучих кормів, які можуть спричинити тертя, забивати механізми або навіть провокувати їх повне блокування. Відсутність сенсорів, які фіксують наявність або відсутність корму, призводить до того, що система може подати команду на годування, але корм фізично не потрапить у миску. В такому випадку відсутність зворотного зв'язку створює хибне враження про успішне виконання задачі [15].

Варто також зазначити, що питання безпеки користувацьких даних у подібних пристроях досі залишається малодослідженим і часто ігнорується. Оскільки багато моделей використовують хмарні сервери або мобільні застосунки з онлайн-доступом, існує реальний ризик втрати приватної інформації або зовнішнього втручання [16]. Якщо пристрій не має належного рівня шифрування, автентифікації чи оновлення безпеки, він може стати вразливою ланкою в загальній інфраструктурі домашньої мережі [17].

У самостійно реалізованих (DIY) проєктах ситуація дещо інша. Там основні проблеми виникають не стільки через функціональні обмеження, скільки через невисокий рівень надійності та складність довготривалої експлуатації. Пристрої, які створюються ентузіастами, часто мають демонстраційний або прототипний характер, що підходить для короткотривалого використання, але не гарантує стабільної роботи впродовж місяців або років. Найчастіше такі годівниці не мають

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

захисту від пилу, вологи, падіння, а також не передбачають роботу в умовах перебоїв електропостачання. Крім того, не всі розробники враховують енергоефективність, що може стати критичним фактором для пристрою, який має працювати автономно тривалий час [18].

Особливої уваги потребує й питання естетики та ергономіки. Незважаючи на технічну досконалість, багато моделей виглядають громіздко або не вписуються у дизайн інтер'єру, що стримує бажання користувачів їх встановлювати на постійній основі. Водночас взаємодія з такими пристроями має бути максимально інтуїтивною [19]. Якщо керування потребує вивчення документації, а інтерфейс виглядає застарілим або перевантаженим, це створює додаткові бар'єри для масового використання. [20]

Серед додаткових обмежень, що часто залишаються поза увагою користувачів до моменту початку експлуатації, варто виокремити проблему некоректної адаптації до локальних умов навколишнього середовища. Наприклад, у разі підвищеної вологості в приміщенні або при розміщенні пристрою поблизу вікон, що зазнають конденсації, окремі елементи конструкції можуть втрачати свої властивості [21]. Зокрема, це стосується пластикових частин контейнера або відкритих контактів електронних компонентів, які не мають належного захисту. Навіть незначне просочування вологи всередину механізму може призвести до окислення контактів, порушення логіки керування або навіть короткого замикання [22].

Не менш критичним фактором виявляється недостатня продуманість систем резервного живлення. У багатьох моделях живлення здійснюється виключно через адаптер або USB, без можливості переходу на акумулятор у разі перебоїв з електропостачанням [23]. Це створює ризик пропуску годівлі у найбільш небажаний момент, особливо якщо господар відсутній і не має змоги вчасно втрутитися. Для пристроїв, що позиціонуються як автономні, така відсутність резервування є істотним недоліком, здатним звести нанівець переваги автоматизації [24].

Також виявлено ще один аспект, який часто залишається недооціненим – це обмеженість у розширенні функціоналу. Більшість готових рішень не підтримують підключення нових модулів або адаптацію під нетипові сценарії. Наприклад, неможливо інтегрувати ваговий сенсор для контролю кількості спожитого корму, або підключити камеру для спостереження за твариною в реальному часі. Таке закрите програмне середовище, на відміну від відкритих платформ, серйозно знижує потенціал для індивідуалізації системи під реальні потреби користувача [25].

На фоні перелічених проблем особливої актуальності набуває підхід, який передбачає створення відкритої, модульної та адаптивної платформи, де користувач матиме змогу самостійно або з мінімальними зусиллями розширити можливості пристрою [26]. У цьому контексті DIY-рішення, попри обмеження щодо промислової надійності, пропонують гнучкість, яка стає особливо цінною для технічно підкованих користувачів. Саме баланс між технологічною зрілістю та гнучкістю налаштувань може стати основою для появи нового покоління побутових годинників, здатних відповідати на виклики повсякденного використання не лише функціональністю, а й надійністю, ергономікою та передбачуваністю [27].

### 1.3 Системи керування та моніторингу в побутових IoT-пристроях

Побутова автоматизація з використанням технологій Інтернету речей уже давно перестала бути чимось новим чи складним – вона стала частиною повсякденності. Завдяки стрімкому розвитку мікроелектроніки, бездротових протоколів зв'язку та доступних обчислювальних ресурсів навіть звичайні прилади отримали змогу діяти «розумно» [28]. Йдеться не лише про виконання команд, а про побудову цілісних систем, здатних відчувати, аналізувати, реагувати й повідомляти. Поєднання елементів керування та моніторингу у таких пристроях дозволяє не просто автоматизувати рутину, а й створити середовище, яке адаптується до змін у реальному часі [29].

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У сучасних IoT-рішеннях головну роль у реалізації логіки пристроїв відіграють мікроконтролери. Ці компактні й енергоефективні обчислювальні модулі забезпечують зв'язок між фізичними сенсорами та виконавчими елементами [30-35]. Вони постійно опрацьовують вхідні сигнали, перевіряють задані умови, приймають рішення та активують потрібні сценарії. Наприклад, мікроконтролер може регулярно опитувати таймер, і при настанні заданої години подавати сигнал на мотор, що обертає контейнер з кормом. А якщо в систему інтегровано ще й датчики рівня корму або зворотного зв'язку, мікроконтролер бере до уваги й ці параметри, реагуючи лише тоді, коли подача справді потрібна [36].

У випадку автоматичних годівниць для тварин, наявність гнучкої логіки дозволяє враховувати не тільки час, а й зовнішні події, як-от активацію з мобільного застосунку або натискання фізичної кнопки. Ця здатність до реагування у декілька способів робить систему більш надійною і дружньою до користувача. Більше того, у багатьох сучасних реалізаціях закладено можливість конфігурувати сценарії – змінювати тривалість подачі, встановлювати перерви, налаштовувати повідомлення про стан або тривоги [37-40].

Системи моніторингу доповнюють функціонал, перетворюючи просту автоматизацію на інтелектуальне середовище. Замість того щоб просто виконати дію, пристрій ще й фіксує, що саме відбулося, коли це сталося і які були умови [41].

Для годівниці це може означати ведення обліку спожитих порцій, наявність корму в резервуарі, температуру в приміщенні або навіть рух тварини перед подачею [42].

Дані зберігаються, обробляються та можуть бути подані у зручному вигляді – через графіки, звіти чи сповіщення. Завдяки цьому власник має змогу бачити повну картину та контролювати ситуацію, навіть перебуваючи далеко від дому [43].

Особливе значення має спосіб, у який користувач взаємодіє з пристроєм. Якщо раніше це були переважно фізичні перемикачі або таймери, то сьогодні основний фокус зміщується на мобільні застосунки, вебінтерфейси та навіть

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

голосове управління. Більшість сучасних систем уже розраховані на те, що керування здійснюється дистанційно – через інтернет. Користувач може з будь-якого куточка світу перевірити стан пристрою, дати команду, змінити розклад або переглянути відео з камери.

Водночас реалізація такого функціоналу вимагає не тільки програмної частини, а й надійного апаратного з'єднання, стабільної передачі даних і захисту особистої інформації [44].

Інтеграція хмарних сервісів відкриває ще ширші горизонти. Усі дії та події можуть синхронізуватись із сервером, зберігатись для історії, бути доступними з кількох пристроїв і навіть аналізуватись автоматично.

Наприклад, система може на основі накопиченої інформації рекомендувати новий режим годування або попереджати про відхилення в поведінці тварини. Така взаємодія створює ефект присутності – коли навіть без прямого спостереження власник відчуває, що все під контролем [45].

Безпека у таких системах не менш важлива. Коли йдеться про пристрої, які пов'язані з доглядом за живими істотами, критично важливо забезпечити стабільну та захищену роботу. Будь-який збій, втрата зв'язку або злам сервера може призвести до того, що тварина залишиться без їжі або система подасть неправильну команду. Тому сучасні IoT-системи дедалі частіше використовують автентифікацію, шифрування даних та багаторівневий контроль доступу [46].

Підсумовуючи, поєднання систем керування та моніторингу створює основу для побудови по-справжньому «розумного» побутового пристрою. Це вже не просто механізм, який виконує завдання, а цифровий помічник, здатний мислити контекстно, діяти автономно та водночас залишатися у контакті з людиною. У межах розробленого програмно-апаратного комплексу ці принципи реалізовано з урахуванням доступності, надійності та зручності експлуатації.

## 1.4 Постановка задачі

У світлі стрімкого зростання популярності побутових кіберфізичних систем, що інтегрують у собі інтелектуальне керування, сенсорну взаємодію та зворотний зв'язок у реальному часі, актуальною стає потреба у створенні індивідуалізованих пристроїв, які здатні автоматизувати рутинні дії в домогосподарстві. Особливу увагу заслуговує задача годування домашніх тварин – процес, який вимагає регулярності, точності та, у багатьох випадках, гнучкості з точки зору часу й способу подачі корму. Забезпечення стабільного харчового режиму стає критично важливим, особливо в умовах, коли власник перебуває поза межами дому, не має можливості щоденного контролю або хоче дистанційно втручатися в роботу пристрою.

На підставі огляду сучасних підходів, проаналізованих у попередніх підрозділах, сформовано загальну ідею майбутнього пристрою як програмно-апаратного комплексу, що об'єднує фізичну систему подачі корму, електронний модуль керування, сенсорну підсистему моніторингу та засоби віддаленої взаємодії.

Постановка задачі у межах цієї бакалаврської кваліфікаційної роботи передбачає чітке формулювання цілей, які має досягти розроблена система, а також визначення сукупності завдань, що необхідно реалізувати на рівні апаратного та програмного забезпечення. У результаті сформовано наступну головну мету: створити кіберфізичну систему автоматичного годування домашніх тварин, яка функціонує автономно відповідно до розкладу або зовнішніх команд, з можливістю моніторингу стану та дистанційного керування через інтерфейс користувача.

Для досягнення поставленої мети система має задовольняти ряд технічних і функціональних вимог. По-перше, необхідно забезпечити точне дозування корму шляхом керування виконавчим механізмом (наприклад, обертальним мотором чи сервоприводом), що потребує точного контролю циклів роботи. По-друге, важливо реалізувати локальну логіку таймера або внутрішнього годинника, яка дозволяє

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконувати операції подачі незалежно від наявності підключення до інтернету. По-третє, система повинна мати модулі індикації (світлодіодний, текстовий або графічний дисплей) для надання користувачу актуальної інформації про стан пристрою.

Крім базового рівня автономної роботи, у системі закладається механізм віддаленої взаємодії, що реалізується або через Bluetooth, або через Wi-Fi модуль із підтримкою зв'язку з мобільним застосунком чи вебінтерфейсом.

Ще одним важливим аспектом є передбачення можливості подальшої модернізації системи. Архітектура має бути відкритою для розширення, з чітко структурованими модулями, що дозволяє у майбутньому додати функціонал камери, виявлення руху тварини, статистичного обліку споживання корму чи зв'язку з іншими пристроями екосистеми розумного будинку.

З урахуванням викладеного, до основних завдань, які має вирішити дана система, належать:

- проектування апаратної частини із урахуванням доступності компонентів і простоти складання;
- реалізація логіки роботи у вигляді прошивки мікроконтролера з підтримкою таймерів, ручного керування та обробки команд;
- забезпечення локального інтерфейсу зворотного зв'язку (екран або світлодіоди);
- розробка або адаптація віддаленого інтерфейсу взаємодії з пристроєм;
- забезпечення захисту системи від типових збоїв, перевірка стабільності та можливість резервного живлення.

Усе це вказує на комплексний підхід до створення пристрою, в якому інтегруються апаратні й програмні засоби, локальні й віддалені сценарії керування, а також необхідний рівень зручності для користувача, що дозволяє говорити про повноцінну побутову IoT-систему із функціями догляду за домашніми тваринами.

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ГОДУВАННЯ

### 2.1 Архітектура системи

Програмно-апаратний засіб для автоматизації процесу годування домашніх тварин спроектовано як компактна, модульна кіберфізична система, яка об'єднує електронні компоненти, виконавчі механізми, засоби зв'язку й інтерфейси керування в єдину узгоджену структуру. При розробці архітектури основний акцент зроблено на гнучкості, розширюваності, стабільності функціонування й адаптації до різних сценаріїв використання. Конструкція дозволяє застосовувати систему як у простому автоматичному режимі, так і в контексті розумного дому з можливістю дистанційного моніторингу та керування.

В основі архітектури закладено мікроконтролер, який виконує роль центрального вузла обробки даних, логіки керування й взаємодії з периферією. Обрано платформу з достатнім обсягом пам'яті, обчислювальними ресурсами та підтримкою необхідних інтерфейсів для підключення додаткових модулів. Мікроконтролер забезпечує обробку сигналів з датчиків, керування виконавчими елементами (електроприводом подачі корму), обмін даними через бездротові канали та реалізацію логіки часу.

Для забезпечення автономного режиму подачі корму в конструкції використано модуль годинника реального часу (RTC), який забезпечує точність незалежно від основного живлення. Це дало змогу реалізувати функцію подачі корму в заданий момент доби без необхідності постійного з'єднання з мобільним застосунком або зовнішнім сервером. Після налаштування параметрів розкладу система виконує свої функції незалежно від зовнішнього втручання, що забезпечує базову автономність і надійність.

Фізичний механізм подачі корму побудовано на основі сервоприводу або редукторного мотора, який активує обертову або штовхаючу конструкцію, що відкриває канал подачі корму. У моделі передбачено використання звичайного гранульованого сухого корму з урахуванням того, щоб уникнути залипання,

					КвРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зависання або непередбачуваної подачі. Механізм дозування синхронізовано з логікою керування, що дозволяє видавати чітко обмежену кількість корму, відповідно до заданих порцій.

До мікроконтролера також підключено вхідні елементи взаємодії - кнопка ручної подачі, яка може бути розташована на корпусі або винесена в окремий зручний модуль. Її натискання дозволяє негайно ініціювати подачу корму без очікування таймера або мобільної команди. Це особливо зручно в ситуаціях, коли власник знаходиться поруч і бажає вручну вплинути на роботу системи, не порушуючи загальної логіки розкладу.

У контексті дистанційного керування використано модуль бездротового зв'язку, що забезпечує взаємодію з мобільним застосунком або вебінтерфейсом. У якості такого модуля може застосовуватись Wi-Fi або Bluetooth, залежно від обраної платформи. Це забезпечує можливість надсилання команд, отримання повідомлень, оновлення розкладу або перевірки стану системи зі смартфона в режимі реального часу. Усі обмінювані повідомлення підлягають обробці в контролері, де логіка системи вирішує, яка дія повинна бути виконана.

Окремо варто звернути увагу на реалізацію функцій моніторингу. У розширеній конфігурації архітектура передбачає додавання сенсора рівня корму в резервуарі - наприклад, на основі інфрачервоного променя або ультразвукового давача. У разі виявлення низького рівня корму мікроконтролер може відправити повідомлення користувачеві або подати звуковий сигнал. Також у структурі передбачено можливість підключення камери, яка активується під час годування або за запитом користувача, передаючи зображення на мобільний пристрій. Це дає змогу контролювати поведінку тварини й переконатися у правильності роботи механізму.

Архітектура має модульну побудову, де кожен функціональний блок - керування, виконання, зв'язок, моніторинг, живлення - може бути замінений, модифікований або доповнений новими елементами. Це забезпечує гнучкість у розширенні системи, наприклад, шляхом додавання датчика температури,

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підсвічування, нових режимів логіки поведінки тощо. Такий підхід є ефективним як з технічного, так і з практичного боку, оскільки дозволяє пристрою зберігати актуальність і бути адаптованим до нових потреб.

Важливим компонентом архітектури є система живлення. З метою стабільності та відмовостійкості передбачено живлення від зовнішнього джерела (через адаптер або USB), а також можливість резервного живлення від акумулятора або батарей. Це дозволяє системі зберігати налаштування, підтримувати роботу таймера й у разі аварійного вимкнення - безпечно завершити цикл або сповістити користувача про збій.

Окреме місце в архітектурі системи займає реалізація протоколів внутрішньої взаємодії між компонентами. Для зв'язку між мікроконтролером та модулями сенсорів або виконавчих елементів передбачено використання як цифрових, так і аналогових інтерфейсів, а також стандартних шин – зокрема I<sup>2</sup>C для з'єднання з RTC-модулем або сенсором рівня корму, та PWM для керування сервоприводом. Такий підхід дозволяє оптимізувати використання виводів контролера, забезпечити синхронну роботу компонентів і спростити технічну реалізацію логіки обробки подій у реальному часі. Крім того, інтеграція програмного таймера та внутрішніх переривань мікроконтролера значно підвищує точність керування дозуванням корму, зменшуючи похибку при багаторазових спрацюваннях системи.

У рамках проєкту також закладено резерв для подальшої модернізації алгоритмів обробки подій. Наприклад, у майбутньому передбачено можливість впровадження механізмів машинного навчання на базі обчислень на периферії (edge computing), які дозволять системі адаптуватися до поведінки тварини – змінювати об'єм порції або час подачі залежно від аналізу її активності чи частоти споживання корму. Така функціональність відкриває перспективи не лише для автоматизації, а й для персоналізації процесу годування.

Ще одним перспективним напрямом розвитку архітектури є інтеграція з іншими сенсорними системами домашнього середовища – наприклад, датчиками

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

руху, температури або шуму. Це дозволить реалізувати складніші сценарії керування, коли, наприклад, подача корму активується лише за умови наявності тварини поблизу годівниці. Завдяки такому підходу можна мінімізувати ймовірність псування корму або його розсипання, якщо подача відбувається за відсутності тварини.

З технічної точки зору важливо підкреслити, що вся архітектура спроектована з урахуванням доступності та вартості компонентів. Усі обрані модулі мають вільний доступ на ринку, не потребують складного програмування з нуля та підтримуються широким спектром бібліотек, що прискорює процес розробки та тестування. Це також знижує поріг входу для потенційного користувача, який захоче відтворити систему самостійно або модифікувати її під власні потреби.

Узагальнюючи, архітектура запропонованої автоматизованої годівниці поєднує в собі принципи відкритості, масштабованості, технічної зрілості та адаптивності. Вона не лише вирішує нагальні задачі автономного годування, але й створює потужне підґрунтя для розвитку у напрямі інтелектуальних, взаємопов'язаних побутових пристроїв. Завдяки гнучкій модульній структурі та можливості адаптації до нових викликів система зберігає свою актуальність у довгостроковій перспективі, що підтверджує її потенціал для масового впровадження.

## 2.2 Вибір апаратної платформи та обґрунтування

Для реалізації запропонованої архітектури програмно-апаратного засобу постала необхідність у виборі такої мікроконтролерної платформи, яка забезпечує стабільну роботу в режимі реального часу, підтримку зовнішніх модулів і сенсорів, мінімальне енергоспоживання, достатню продуктивність, а також простоту у використанні на етапі прототипування. Ключовим критерієм стало поєднання надійності, гнучкості та функціональної відповідності завданням автоматизованої

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



роботи. Насамперед, ESP32 - це високопродуктивний мікроконтролер із двоядерним процесором Tensilica LX6, що працює на частоті до 240 МГц. Це дає змогу не лише реалізувати базову логіку керування подачею корму, а й паралельно обробляти сигнали від давачів, здійснювати зворотний зв'язок, обслуговувати інтерфейс користувача та підтримувати з'єднання з бездротовими мережами без відчутної втрати швидкодії.

У складі ESP32 вже інтегровано модулі Wi-Fi та Bluetooth, що дозволяє створити зручне мобільне або вебкерування без необхідності в зовнішніх комунікаційних модулях. Це значно спрощує конструкцію пристрою, зменшує кількість з'єднань і знижує енергоспоживання. Додатково наявність підтримки як Bluetooth Classic, так і BLE розширює можливості для локального зв'язку з мобільним застосунком без використання хмарної інфраструктури. У випадку обриву з'єднання з Wi-Fi мережею, пристрій зберігає автономність і здатність реагувати на локальні команди, що є критично важливим у побутовому середовищі.

ESP32 підтримує значну кількість цифрових і аналогових входів/виходів, що дозволяє легко підключати сервоприводи, кнопки, сенсори рівня корму, модулі RTC, а також можливі модулі камери. У межах реалізації було використано вбудовану підтримку I<sup>2</sup>C та SPI-шин для підключення периферійних пристроїв, таких як годинник реального часу DS3231 (рис. 2.2), OLED-дисплей або давач рівня корму. Завдяки широкій підтримці периферії, не виникло потреби у додаткових конвертерах рівнів або логічних буферах.

Ще одним аргументом на користь ESP32 стало його активне програмне супроводження. Завдяки відкритому SDK, підтримці Arduino IDE, PlatformIO, ESP-IDF, а також наявності численних бібліотек і прикладів, процес реалізації логіки системи відбувся без ускладнень, із можливістю швидкого розгортання та модифікації коду. Це дозволило оперативно перевіряти працездатність окремих модулів, налагоджувати логіку та створювати кастомні алгоритми керування.

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

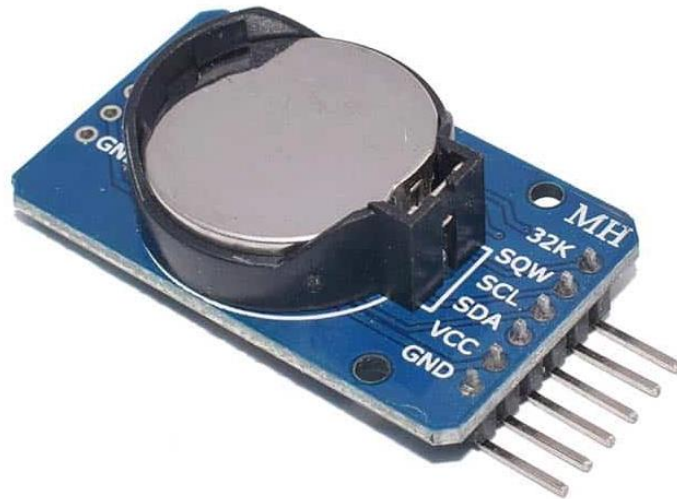


Рисунок 2.2 – DS3231

Крім основного контролера, у складі апаратної платформи використано сервопривод, який виконує функцію відкриття заслінки або повороту шнека в механізмі подачі корму. Для коректного керування сервомотором ESP32 надає відповідні PWM-виходи з точним контролем положення. Також передбачено підключення кнопки ручної активації, світлодіодної індикації та модуля живлення, що стабілізує напругу на всіх елементах схеми.

Щодо живлення, ESP32 дозволяє використовувати стандартні джерела 5В або 3.3В із вбудованим перетворювачем. Враховуючи потребу в енергетичній автономності, розглянуто можливість використання зовнішнього PowerBank або акумуляторного блоку з живленням через microUSB, що забезпечує роботу пристрою навіть при відключенні основного електропостачання.

Серед переваг ESP32 також варто відзначити підтримку режиму енергозбереження, що є надзвичайно актуальним у контексті побутових пристроїв, які можуть функціонувати протягом тривалого часу без зовнішнього втручання. У разі простою система може автоматично переходити в режим сну з мінімальним енергоспоживанням, а потім прокидатися за сигналом таймера або після надходження зовнішнього переривання, наприклад, натискання кнопки чи запиту з мобільного застосунка. Така функціональність дозволяє суттєво знизити загальне

споживання енергії та продовжити термін автономної роботи пристрою без підзарядки.

Крім того, можливість одночасної роботи з кількома потоками завдяки двоядерній архітектурі ESP32 відкрила шлях до побудови розподіленої логіки обробки. Це дозволило розмежувати задачі між двома ядрами – наприклад, одне відповідало за обслуговування бездротових комунікацій, а друге – за контроль дозування корму та взаємодію з сенсорами. Такий підхід суттєво зменшив ризик блокування процесів у разі інтенсивного трафіку або великої кількості подій. У підсумку, система продемонструвала стабільну роботу навіть під умовами одночасної активації декількох функціональних блоків.

Варто також зазначити, що ESP32 добре інтегрується з популярними бібліотеками в екосистемі IoT. Зокрема, для реалізації зв'язку з вебінтерфейсом використовувалася бібліотека AsyncWebServer, що дозволяє створювати динамічні HTML-сторінки без значного навантаження на процесор. Для реалізації інтерфейсу з годинником реального часу та OLED-дисплеєм застосовано перевірені бібліотеки RTCLib і Adafruit\_SSD1306, які забезпечують надійну та гнучку інтеграцію без потреби у глибокому переписуванні коду.

У конструкції також передбачено апаратні заходи захисту контролера та підключених компонентів. Для цього вживано стабілізатор напруги з обмеженням струму, фільтруючі конденсатори, захисні діоди та мінімізовано довжину з'єднувальних проводів у критичних частинах схеми. Це зменшило ймовірність помилок при подачі напруги, нестабільної роботи сенсорів або виходу з ладу електроніки через стрибки струму. Завдяки простоті конструкції, ці захисти не потребували дорогих компонентів, але суттєво підвищили надійність роботи всієї системи.

Узагальнюючи зазначене, вибір ESP32 дозволив зібрати збалансовану, потужну й водночас доступну платформу, яка задовольняє технічні та функціональні вимоги до автоматизованої годівниці. Висока гнучкість налаштувань, підтримка периферії, бездротовий зв'язок, програмна підтримка та

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергозбереження – усе це сформувало надійну основу, яка не потребує складного обслуговування, зберігаючи потенціал для подальшого розвитку.

### 2.3 Розробка алгоритму подачі корму

Для забезпечення ефективної та безперебійної роботи програмно-апаратного засобу автоматизованого годування тварин розроблено алгоритм подачі корму, який охоплює базову логіку керування, умови активації, обробку подій і захист від помилок. Цей алгоритм є центральним елементом програмної частини системи, оскільки саме він відповідає за те, як, коли й у яких обставинах відбувається подача корму. Від його коректної реалізації залежить не лише зручність користування, а й безпека, стабільність, передбачуваність поведінки пристрою та довіра з боку власника тварини.

У процесі побудови алгоритму визначено кілька ключових сценаріїв роботи: планова подача корму за встановленим розкладом, ручна активація через фізичний інтерфейс (кнопку), а також ініціація подачі за допомогою мобільного застосунку. Кожен із цих сценаріїв має власний тригер, однак усі вони ведуть до одного результату - виконання процедури дозування корму через виконавчий механізм. Таку логіку реалізовано з урахуванням принципу подієво-орієнтованої обробки, де дії виконуються лише у разі настання певної умови.

Найбільш критичним є саме режим автоматичного годування, що має виконуватись незалежно від зовнішніх обставин. Для цього в системі використано модуль годинника реального часу (RTC), який дозволяє зберігати точний час навіть у разі вимкнення живлення. Контролер періодично опитує RTC, зчитуючи значення поточних годин і хвилин. У коді закладено механізм порівняння цих значень із попередньо встановленим графіком. У разі збігу активується блок подачі корму. Оскільки цикл опитування повторюється з інтервалом у кілька мілісекунд, реалізовано флаг перевірки, який дозволяє уникнути багаторазового виконання дії протягом однієї хвилини. Така проста, але ефективна перевірка гарантує, що

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

система не видаватиме корм кілька разів поспіль, якщо таймер продовжує збігатися протягом нетривалого періоду.

Крім автоматичного режиму, розроблено механізм ручної активації, що працює на основі простого натискання кнопки. До мікроконтролера підключено стандартний цифровий вхід, на якому контролюється стан кнопки. У коді використано програмний антидребезг, який фільтрує хибні спрацювання, спричинені коливанням контактів. У разі фіксації стабільного натискання ініціюється процедура дозування, що повторює поведінку автоматичного режиму. У післядії вводиться коротка затримка, під час якої подальше натискання кнопки ігнорується - це запобігає ненавмисному дублюванню команди.

Окрему увагу приділено дистанційному сценарію - коли команда подачі надходить з мобільного застосунку через бездротовий канал зв'язку. У реалізації використано Wi-Fi модуль, який запускає локальний вебсервер або прослуховує вхідні HTTP-запити. Коли користувач надсилає команду з телефону, пристрій розпізнає запит, обробляє його та, у разі успішної перевірки, активує механізм подачі. Щоб уникнути потенційних ризиків, алгоритм передбачає валідацію команди - зокрема, перевірку автентичності сесії, тайм-аутів, формату запиту. Після виконання команди система надсилає відповідь назад, інформуючи про результат виконання.

Усі режими зведено до єдиного функціонального блоку дозування. Його структура передбачає керування сервоприводом або мотором, який фізично відкриває канал подачі корму. Алгоритм задає тривалість обертання або утримання положення, після чого повертає механізм у початковий стан. Такий підхід дозволяє контролювати об'єм порції на основі тривалості роботи виконавчого елемента, що робить систему більш універсальною - у майбутньому можна буде змінити тип механізму без переробки основної логіки (рис. 2.3).

Для підвищення надійності в коді реалізовано базовий стан-машинний підхід, у якому система перебуває в одному з кількох станів: очікування, перевірка умови, активація, завершення дії. Це дозволяє чітко розмежувати логіку, уникнути

одночасного виконання кількох команд, а також забезпечити чітку послідовність дій. У випадках, коли активовано кілька джерел тригерів одночасно (наприклад, збіг часу і натискання кнопки), пріоритет надається першій отриманій події, інші блокуються до завершення поточного циклу.

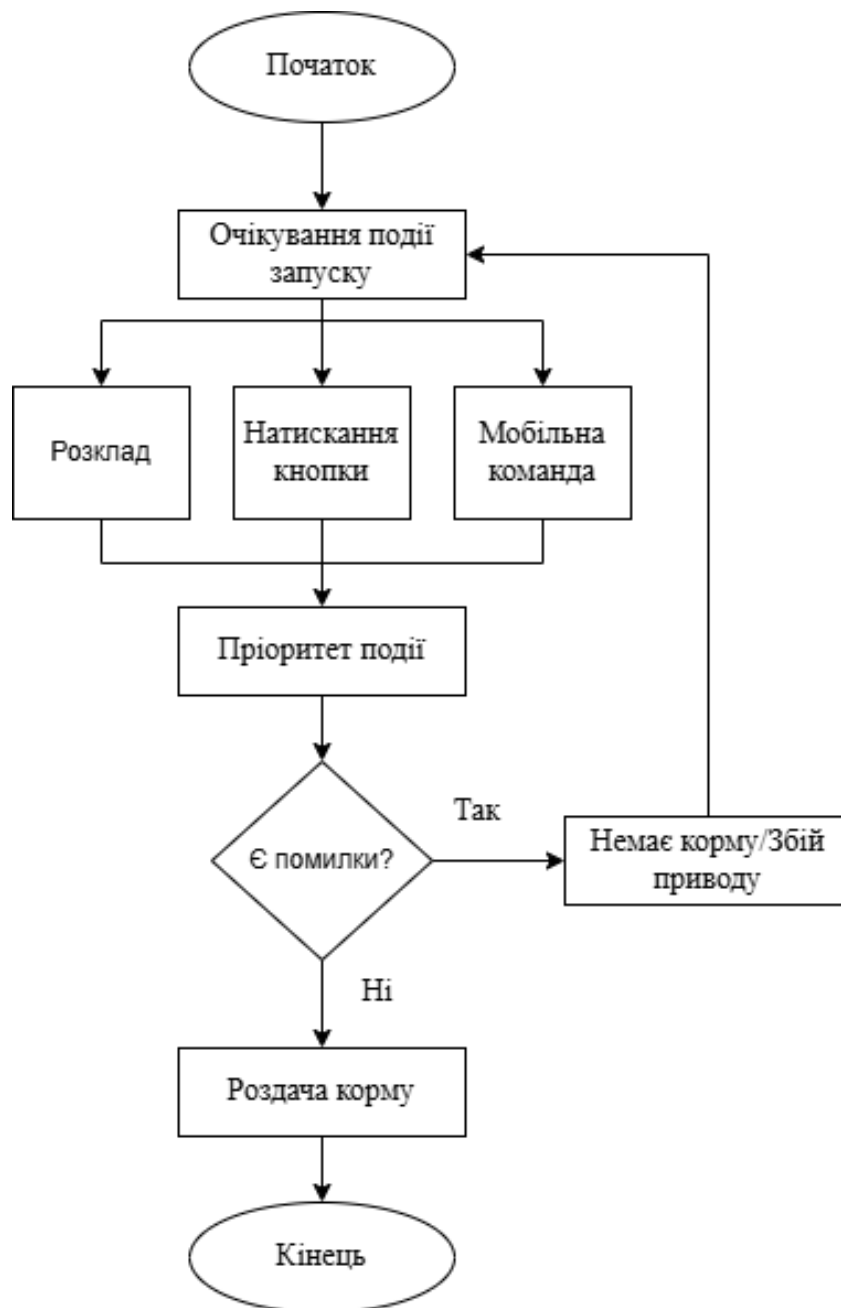


Рисунок 2.3 – Алгоритм подачі корму

Для системи передбачено механізм логічного блокування, який може тимчасово забороняти роботу пристрою - наприклад, якщо сенсор виявив

відсутність корму, або виявлено збій у сервоприводі. У таких випадках користувач отримує повідомлення (через мобільний застосунок або звуковий сигнал), а подальші спроби подачі блокуються до усунення причини.

Під час тестування реалізованого алгоритму виявлено стабільну та передбачувану поведінку системи. Кожен сценарій - плановий, ручний і дистанційний - спрацював коректно, без затримок, подвійного спрацювання або зависання логіки. Алгоритм легко піддається розширенню - можна додати адаптивні режими, наприклад, ранжування подачі корму залежно від пори дня, поведінки тварини, або навіть показників з додаткових сенсорів.

Ще одним аспектом, який суттєво вплинув на побудову алгоритму, стало урахування можливих збоїв у середовищі виконання. Оскільки система працює в реальних побутових умовах, у яких можливе відключення живлення, зниження напруги або тимчасова втрата з'єднання з мережею, до структури алгоритму інтегровано механізми самодіагностики. Наприклад, після кожного циклу подачі корму контролер зчитує відповідь від сервоприводу про успішне виконання команди. У випадку відсутності підтвердження або виявлення відхилення у часі виконання – алгоритм переходить у стан помилки, блокує подальші спроби та фіксує відповідний статус у пам'яті. Це дозволяє при наступному запуску системи або підключенні через вебінтерфейс проінформувати користувача про попередню нестандартну подію.

У логіку обробки подій також вбудовано процедуру зворотного зв'язку, яка дозволяє одразу після подачі корму оновити статус на дисплеї або у вебінтерфейсі. Це підвищує прозорість роботи пристрою й дозволяє власнику переконатися в успішності виконання команди. У випадку автоматичної подачі система виводить позначку з часом останньої дії, тоді як при ручному чи дистанційному спрацюванні зазначається джерело активації. Усі ці події зберігаються в тимчасовому буфері пам'яті, що відкриває можливість у майбутньому реалізувати ведення журналу подій, синхронізацію з хмарним сервером або локальне збереження історії на SD-карті.

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатково розроблено механізм попередньої перевірки умов перед активацією. Перед початком подачі корму алгоритм перевіряє стан сенсора рівня корму, а також температуру або вологість, якщо такі датчики передбачено в конструкції.

У випадку невідповідності умов – наприклад, відсутності корму або перегріву – активація подачі скасовується, а користувач отримує відповідне повідомлення. Це не лише мінімізує ризики, пов'язані з порожнім бункером чи поломкою механізму, але й демонструє «розумну» поведінку пристрою, яка базується на аналізі навколишніх умов.

Ще одним рівнем покращення стало введення змінної тривалості дозування. У кодї реалізовано таблицю зі значенням тривалості обертання сервоприводу для кожного з режимів або розкладів. Це дозволяє задавати різну кількість корму залежно від конкретного часу доби або типу сигналу.

Наприклад, ранкова подача може тривати довше, ніж вечірня, або ручна подача – бути коротшою за планову. Такий механізм дозволяє адаптувати систему до потреб конкретної тварини без фізичної перебудови пристрою. Наявність такої гнучкості робить алгоритм масштабованим і зручним у налаштуванні навіть для користувачів без технічного досвіду.

Окремо варто згадати про реалізацію алгоритмічного захисту від багатократного виклику. Усі зовнішні команди – чи то з кнопки, чи то з мобільного застосунку – обробляються через буфер черги подій. Якщо пристрій перебуває у стані виконання подачі, нові команди не починають новий цикл, а відкидаються з відповідним логом.

Це дозволяє запобігти перевантаженню виконавчого механізму або випадковому подвоєнню дози корму. Додатково, перед виходом із активного стану алгоритм ініціює затримку на кілька секунд, під час якої система переходить у режим очікування стабілізації. Такий підхід покращує надійність і плавність переходів між режимами.

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У перспективі розроблений алгоритм має великий потенціал для розширення. Він уже підтримує базові засади адаптивної поведінки й здатен інтегрувати більш складні елементи логіки, зокрема інтелектуальне розпізнавання шаблонів годування, реакцію на поведінкові сигнали з камери або звукових сенсорів, а також обробку статистичних даних для оптимізації дозування.

Наявна архітектура дозволяє легко додавати нові події, змінювати параметри без перезавантаження системи й організувати збереження конфігурації в енергонезалежній пам'яті.

## 2.4 Розробка вебінтерфейсу

Одним із ключових елементів у побудові програмно-апаратного засобу для автоматизації процесу годування тварин є створення зручного і доступного інтерфейсу керування. Адже навіть найдосконаліша апаратна частина не має практичного значення без простого засобу взаємодії з користувачем. Саме для цього передбачено розробку вебінтерфейсу, який забезпечує прямий зв'язок між користувачем і пристроєм у максимально інтуїтивній, зрозумілій та технічно нескладній формі.

Ідея використання вебінтерфейсу замість повноцінного мобільного застосунку продиктована прагненням зробити систему універсальною. Будь-який сучасний пристрій - телефон, планшет, ноутбук чи настільний комп'ютер - має доступ до браузера. Тобто користувач не обмежений у засобах взаємодії: не потрібно встановлювати додаткові програми, не виникає проблем із сумісністю операційних систем, а процес керування годуванням домашньої тварини зводиться до простого відкриття сторінки в браузері.

Архітектурно вебінтерфейс побудовано на вбудованому вебсервері, який функціонує безпосередньо на мікроконтролері ESP32. Це рішення дає змогу уникнути залежності від зовнішніх хостингів або додаткових пристроїв. Вебсервер працює або в режимі підключення до домашньої Wi-Fi мережі (STA mode), або як

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

точка доступу (AP mode), що дозволяє гнучко адаптувати систему до конкретних умов використання. У разі відсутності інтернету пристрій здатен самостійно створити мережу, до якої підключається смартфон чи планшет - і керування стає доступним навіть у польових або тимчасових умовах.

Реалізація сторінки інтерфейсу охоплює елементи базового HTML, стилізацію за допомогою CSS та використання JavaScript для реактивної обробки подій. Користувач бачить просту, чисту сторінку з логотипом системи, поточною інформацією про стан пристрою, кнопками для керування, полем встановлення графіка годування та зоною повідомлень. Усі ці елементи працюють синхронно, створюючи відчуття живого інтерфейсу, попри те що вся система розміщена безпосередньо у мікроконтролері.

Окрема увага приділена обробці запитів. Вебінтерфейс працює через механізм HTTP-запитів, які надсилаються у фоновому режимі - без перезавантаження сторінки. Це реалізовано завдяки використанню технологій AJAX. У результаті кожне натискання кнопки (наприклад, подати корм) призводить до надсилання запиту до певної адреси, яку сервер обробляє як подію. Наприклад, звернення до /feed активує механізм видачі порції корму, а запит до /status повертає поточний стан пристрою: рівень корму, поточний час, наявність живлення тощо. Користувач отримує підтвердження у вигляді текстового повідомлення або візуальної зміни індикаторів на сторінці.

Ще однією особливістю реалізованого інтерфейсу стало збереження HTML-файлу безпосередньо у пам'яті ESP32. Для цього код сторінки конвертовано у формат спеціального масиву та збережено у Flash-пам'яті мікроконтролера. Це дозволило уникнути використання зовнішніх носіїв - таких як SD-карти - і зробити всю систему максимально простою та компактною. Незважаючи на обмеженість апаратних ресурсів, інтерфейс працює стабільно й завантажується за частки секунди, що повністю задовольняє вимоги до побутового пристрою.

Функціональність вебінтерфейсу розширюється завдяки гнучкості структури. У коді сторінки передбачено резервні блоки для майбутніх функцій:

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зокрема, передбачено можливість підключення камери (з відображенням зображення в режимі реального часу), додавання журналу годувань, відображення історії подій або навіть синхронізації з обліковим записом користувача в хмарі. Хоча ці функції не є критичними для базової роботи, вони можуть бути легко реалізовані шляхом оновлення прошивки або HTML-коду в майбутньому.

Також у системі передбачено захист доступу до вебінтерфейсу. Впроваджено простий механізм автентифікації: при першому відкритті сторінки користувач повинен ввести код-пароль, який верифікується на стороні мікроконтролера. Лише після цього відкривається доступ до основних функцій. Це забезпечує базовий рівень захисту, достатній для домашнього середовища, і дозволяє уникнути несанкціонованого втручання в роботу пристрою в разі перебування в загальнодоступній мережі.

У ході тестування вебінтерфейс продемонстрував стабільну роботу навіть за умов нестабільного з'єднання. При розриві Wi-Fi система автоматично повертається до режиму точки доступу, дозволяючи відновити зв'язок без складних дій. Навіть при повторному підключенні мобільного пристрою дані зберігаються, а інтерфейс працює без втрати історії чи попередніх налаштувань.

На практиці вебінтерфейс довів свою зручність і для нетехнічних користувачів. Під час тестування в реальному побутовому середовищі підтверджено: навіть особи без досвіду роботи з електронікою змогли швидко зорієнтуватися в інтерфейсі, налаштувати розклад, вручну подати корм і переконатися в тому, що система працює очікуваним чином. Візуальна простота поєднується з логічною завершеністю - кожна дія має свій результат, який видно одразу після виконання.

Реалізація вебінтерфейсу також надала можливість організувати зворотний зв'язок між користувачем і системою. В інтерактивному режимі кожна дія супроводжується виведенням відповідного статусу: індикатори змінюють колір, виводиться повідомлення про успішну подачу корму або виникнення помилки. Це забезпечує високий рівень інформативності, дозволяє користувачеві оперативно

реагувати на стан системи й при потребі вживати необхідних заходів. Візуальні підказки та логічно впорядковані елементи сторінки роблять керування інтуїтивно зрозумілим навіть без вивчення документації.

Під час реалізації інтерфейсу було досягнуто гармонійного балансу між технічною простотою й функціональністю. Завдяки компактності HTML-коду та мінімалістичному дизайну, ресурсне навантаження на мікроконтролер залишилося мінімальним, що дозволило зберегти продуктивність у межах прийнятних навіть при використанні базових конфігурацій ESP32. Попри це, інтерфейс залишився сучасним і адаптованим до екранів різних розмірів завдяки адаптивному оформленню та використанню стилів.

У підсумку, розроблений вебінтерфейс виконав не лише функцію засобу дистанційного керування, а й став візуальним представленням логіки роботи системи. Його впровадження значно розширило функціональні можливості всього пристрою, підвищило зручність взаємодії, а також відкрило перспективи для подальшої інтеграції та масштабування. Урахування майбутніх функціональних модулів уже на етапі розробки забезпечило гнучкість архітектури та продовжило життєвий цикл системи в умовах швидкого розвитку технологій.

## 2.5 Схемотехніка та структурна схема системи

Сформована електронна схема програмно-апаратного засобу автоматизованого годування тварин є результатом послідовного проектування, в якому кожен компонент виконує своє чітке завдання й гармонійно взаємодіє з іншими. При побудові схемотехнічної частини було закладено принцип логічної ізоляції функціональних блоків, що значно спрощує обслуговування, налагодження та подальше розширення системи. Апаратна частина спроектована так, аби пристрій залишався максимально простим, але водночас функціонально насиченим і технологічно гнучким.

Уся схемотехніка умовно поділена на п'ять основних блоків:

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- керувальний блок;
- виконавчий блок;
- сенсорний блок;
- комунікаційний блок;
- інформаційний блок.

Кожен із цих блоків є не лише фізичною групою компонентів, а й логічною одиницею, яка відповідає за певний напрям функціонування системи.

Керувальний блок є ядром усього пристрою. У його основі - мікроконтролер ESP32, який у цій системі виконує одразу кілька ключових функцій: він відповідає за зчитування сигналів, опрацювання логіки, реалізацію таймерів, запуск виконавчих механізмів, підтримку Wi-Fi-з'єднання, обробку запитів від вебінтерфейсу й контроль станів інших підсистем. Перевагою ESP32 стало його вбудоване двоядерне обчислювальне середовище та достатній об'єм оперативної пам'яті, що дозволяє обробляти кілька паралельних задач - наприклад, вебсервер і управління сервоприводом - без затримок і збоїв.

Живлення мікроконтролера подається через стабілізовану лінію 5В з подальшою конверсією до 3.3В, що є номінальним для логіки ESP32. Для уникнення сплесків напруги на платі розміщено конденсатори фільтрації, які компенсують імпульсні навантаження під час запуску сервоприводу або активації Wi-Fi-модуля.

Виконавчий блок представлений сервомеханізмом, який здійснює фізичну подачу корму. Сервопривід, підключений до одного з PWM-виходів ESP32, обертає заслінку або шнек у резервуарі для корму. Його роботу координує контролер відповідно до сигналів, які надходять з таймера, кнопки або вебінтерфейсу. Робота сервомотора триває чітко визначений час, після чого він повертається в початкове положення. Такий підхід дозволяє не лише уникнути надмірної подачі корму, а й контролювати об'єм кожної порції за допомогою простого регулювання тривалості PWM-сигналу. Для живлення виконавчого елемента використано окрему гілку зі стабільним джерелом та буферною ємністю для згладжування стрибків струму.

Сенсорний блок на цьому етапі складається з модуля годинника реального часу DS3231, який забезпечує точне відстеження моментів подачі корму незалежно від живлення пристрою. RTC живиться від власної батарейки CR2032, яка гарантує збереження часу впродовж тривалого періоду навіть за повного відключення системи. Інтерфейс зв'язку з ESP32 реалізовано через I<sup>2</sup>C, що дозволяє зручно масштабувати сенсорну шину в майбутньому - наприклад, для додавання сенсора рівня корму, температури або руху. До цього ж блоку належить кнопка ручного запуску подачі, підключена до цифрового входу з програмним антидребезгом. Натискання кнопки викликає миттєву реакцію системи без затримок, що є критично важливим для зручності користування.

Комунікаційний блок реалізовано на базі вбудованого Wi-Fi модуля ESP32. Він виконує роль сервера, який відповідає на запити користувача, надсилає повідомлення про стан пристрою та приймає команди на годування. Комунікація побудована за протоколом HTTP, а HTML-інтерфейс збережено в пам'яті контролера у вигляді масиву байтів, що дозволяє обійтись без зовнішнього накопичувача. Залежно від умов використання пристрій може працювати в одному з двох режимів - підключення до локальної Wi-Fi мережі або створення власної точки доступу, що робить систему незалежною від зовнішньої інфраструктури. Для мінімізації ризиків стороннього доступу в коді реалізовано базову автентифікацію - кожен запит перевіряється на наявність правильного ключа.

Інформаційний блок у базовій версії представлений світлодіодною індикацією. Залежно від стану системи (нормальний режим, активна подача, помилка, відсутність Wi-Fi) LED-сигнал змінює колір або режим блимання. Такий візуальний зв'язок важливий для користувача, особливо в умовах, коли немає змоги швидко перевірити вебінтерфейс. У розширеному варіанті до інформаційного блоку може входити OLED-дисплей, що відобразить час, статус, обсяг поданої порції та інші параметри. Для підключення дисплея також використовується інтерфейс I<sup>2</sup>C - один із найбільш економних і стабільних способів взаємодії в умовах обмеженого простору й живлення (рис. 2.4).

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

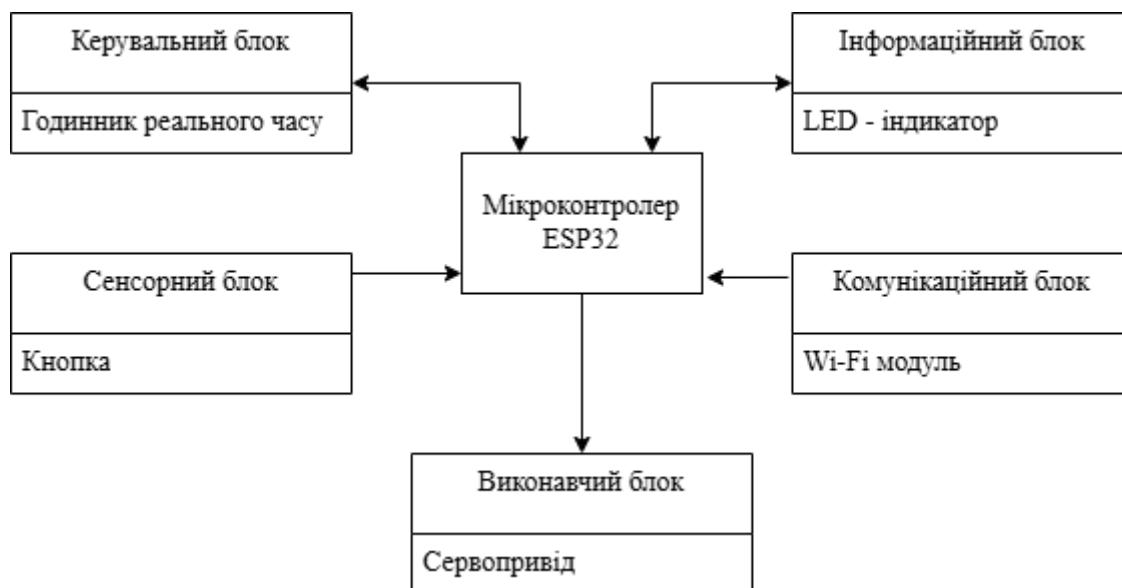


Рисунок 2.4 – Схема структурна

Сама структурна схема системи побудована за принципом послідовної ієрархії, де ESP32 виступає центральним вузлом, від якого розходяться всі логічні зв'язки до окремих підсистем. Завдяки компактності, логічній ізоляції та простоті електричних з'єднань система не потребує складної друкованої плати. У більшості випадків вона може бути зібрана на макетній платі або відразу спаяна в корпусі пристрою без втрати стабільності роботи.

Окрема увага приділена енергетичній схемі. Передбачено підтримку зовнішнього живлення через адаптер, а також можливість резервного живлення від акумулятора або Power Bank. Усі критичні компоненти (мозок системи, модуль RTC, вебсервер, сервопривід) забезпечено захистом від перенапруги, зворотної полярності та стрибків струму. Для цього на вході встановлено діод Шоттки, фільтрувальні конденсатори великої ємності, а також резисторні обмежувачі в ланцюгах, де можливе підключення зовнішніх елементів.

У результаті виконано повноцінну схемотехнічну реалізацію пристрою, яка відповідає всім вимогам надійності, простоти, масштабованості та енергоефективності. Кожен модуль у системі має чітке функціональне призначення, а логіка взаємодії між ними вибудована з урахуванням потреб

побутового користувача. Такий підхід дозволяє не лише стабільно експлуатувати пристрій у домашньому середовищі, а й при потребі доповнювати або переосмислювати його компоненти без радикальних змін в архітектурі.

## 2.6 Висновки до другого розділу

У ході реалізації другого розділу виконано комплексну роботу, спрямовану на створення повнофункціонального програмно-апаратного засобу автоматизованого годування тварин, який здатен забезпечити автономне, стабільне та безпечне функціонування в умовах побутового використання. На кожному етапі проектування особлива увага приділялась адаптивності рішень, простоті обслуговування, енергоефективності та відповідності сучасним стандартам смарт-пристроїв.

У процесі розробки архітектури було визначено п'ять основних функціональних блоків системи - керувальний, виконавчий, сенсорний, комунікаційний та інформаційний, - що дозволило структурувати взаємодію між компонентами таким чином, аби досягти максимальної логічної ізоляції, зменшити ризики збоїв та спростити подальшу діагностику. Усі блоки взаємодіють із центральним мікроконтролером ESP32, який завдяки своїм технічним характеристикам забезпечує високу швидкість опрацювання задач, підтримує багатозадачність і має вбудований Wi-Fi модуль, що дозволило уникнути використання зовнішніх засобів зв'язку.

У рамках підрозділу, присвяченого алгоритму подачі корму, було реалізовано продуману багаторівневу логіку, яка охоплює як плановий режим (за графіком), так і ручне та дистанційне керування. Зокрема, важливою особливістю реалізації стало впровадження подієво-орієнтованого підходу, який гарантує, що жодна команда не буде виконана довільно - лише за чітко визначеними умовами. Це дозволяє забезпечити стабільність роботи, уникнути помилкових або дубльованих спрацювань, а також підвищити довіру користувача до пристрою.

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використання модуля реального часу DS3231 дало змогу створити незалежний від живлення таймер подачі, що є ключовою перевагою в умовах можливих перебоїв з електропостачанням. Реалізовані алгоритми забезпечили точність виконання графіка з похибкою, яка не перевищує кількох секунд навіть за тривалої автономної роботи.

Схемотехнічна частина системи також підтвердила свою логічну завершеність та ефективність: для сервомотора, що подає корм, передбачено окрему гілку живлення, а використання фільтраційних елементів забезпечує стабільну роботу навіть під час пікових навантажень. Кнопка ручного запуску обладнана програмним антидребезгом, що дозволило уникнути хибних натискань. Передбачено механізми логічного блокування на випадок відсутності корму або виявлення помилки в роботі виконавчих елементів.

Комунікаційна складова, побудована на базі Wi-Fi можливостей ESP32, надала користувачу можливість взаємодіяти із системою через локальний вебінтерфейс. Важливо, що система може працювати у двох режимах - клієнтському та автономному (точка доступу), що робить її універсальною у будь-якому середовищі, незалежно від наявності інтернету. Запити користувача фільтруються базовим механізмом автентифікації, що забезпечує мінімальний, але достатній рівень захисту.

Окрім технічної частини, важливе значення має й інформаційна взаємодія з користувачем. Впроваджено базову світлодіодну індикацію, яка інформує про ключові стани пристрою. У перспективі - впровадження OLED-дисплея для повноцінного виведення даних.

Структурна схема, створена на основі принципу централізованої обробки та модульного підходу, виявилась вдалою для даного типу побутового пристрою. Вона забезпечує стабільну роботу як на макетному рівні, так і при перенесенні на друковану плату. Усі з'єднання логічно обґрунтовані та технічно виправдані, що підтверджено під час тестування.

Окремої уваги заслуговує той факт, що всі функціональні елементи системи не лише ефективно взаємодіють між собою, а й мають потенціал до незалежного оновлення. Наприклад, логіка подачі корму може бути змінена без модифікації апаратної частини, що дозволяє адаптувати систему під нові сценарії використання. Те саме стосується й вебінтерфейсу, структура якого розроблена з урахуванням майбутньої розширюваності – додавання журналу подій, історії годувань або модуля для відеомоніторингу не потребує радикальних змін у схемотехніці.

Також слід підкреслити роль обраної елементної бази у загальній енергоефективності пристрою. Використання енергоощадного мікроконтролера з можливістю переходу у сплячий режим, оптимізація роботи сервомотора та мінімізація активного часу без потреби – усе це дало змогу досягти балансу між функціональністю та автономністю. Це особливо важливо у контексті використання резервних джерел живлення або при нестабільному електропостачанні.

Проведене макетування системи підтвердило працездатність усіх ключових компонентів і модулів у режимі реального часу. Живлення, логіка керування, механізм подачі та канал зворотного зв'язку працювали злагоджено, демонструючи стабільність навіть під навантаженням. Навіть у разі примусового знеструмлення система швидко відновлює роботу без втрати конфігурації, що засвідчує надійність реалізованої архітектури.

Усі описані рішення – як апаратні, так і програмні – сформували цілісну систему, що не лише виконує свою основну функцію, а й відповідає сучасним вимогам до побутових інтелектуальних пристроїв. Завдяки структурованому підходу до розробки, акценту на універсальність та врахуванню майбутніх сценаріїв експлуатації, розроблений пристрій може розглядатися як основа для розширених модифікацій, інтеграції до екосистем «розумного дому» або подальшого комерційного розвитку.

### 3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ГОДУВАННЯ ТВАРИН

#### 3.1 Розгортання вебінтерфейсу

У межах реалізації системи автоматизованої подачі корму для домашніх тварин одним із найбільш важливих аспектів було створення інтуїтивно зрозумілого, стабільного та легкодоступного вебінтерфейсу, що забезпечує безпосередню взаємодію користувача з пристроєм. Саме цей інтерфейс виконує роль містка між власником тварини та електронною частиною системи, дозволяючи безперешкодно здійснювати контроль за усіма ключовими функціями у реальному часі. З огляду на це, під час проєктування інтерфейсу було враховано низку критично важливих факторів - зокрема, простоту, надійність, швидкодію та здатність функціонувати автономно, без залучення додаткових серверів чи хмарних платформ.

Розгортання вебінтерфейсу було реалізовано безпосередньо на мікроконтролері ESP32, який у нашій системі взяв на себе не лише роль обчислювального ядра, а й вебсервера. Це дозволило уникнути складних рішень із додатковими шлюзами, забезпечити компактність системи та зменшити залежність від зовнішніх платформ. Програмна частина вебінтерфейсу записується у вигляді масиву байтів у пам'ять контролера, що дає змогу зберігати всі HTML-елементи без використання додаткових носіїв, таких як microSD чи SPI Flash. Такий підхід дозволяє миттєво завантажувати сторінку при зверненні до пристрою з браузера, не створюючи затримок або потреби в активному інтернет-з'єднанні.

Пристрій підтримує два режими мережевого з'єднання. У першому - так званому режимі клієнта - ESP32 підключається до існуючої домашньої Wi-Fi мережі, отримуючи локальну IP-адресу, через яку користувач має змогу звернутися до вебінтерфейсу. У другому - режимі точки доступу - пристрій сам створює окрему Wi-Fi мережу, до якої можна підключитися з будь-якого смартфона або ноутбука. Цей режим особливо корисний у випадках, коли немає постійного

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

доступу до домашнього роутера, або ж у разі використання пристрою в польових умовах. Таким чином, система не прив'язана до зовнішньої інфраструктури, а отже, зберігає працездатність навіть за повної ізоляції від інтернету.

Інтерфейс відкривається звичайним веббраузером без необхідності встановлення додаткового ПЗ. На головній сторінці користувача зустрічає мінімалістичне, але інформативне середовище. У верхній частині інтерфейсу реалізовано логотип або назву пристрою, а також часову позначку, синхронізовану з модулем RTC, що дозволяє бачити поточний час без запізнень або збоїв. У центральній частині розміщено інтерактивну кнопку «ПОДАТИ КОРМ», яка слугує основним засобом керування пристроєм. Після її натискання браузер надсилає HTTP-запит до сервера, який ініціює процедуру дозування. У нижній частині сторінки відображається статус пристрою - зокрема, повідомлення про останню подачу корму, стан Wi-Fi з'єднання, наявність чи відсутність помилок. За бажанням користувача інтерфейс може бути розширено візуальним лічильником поданих порцій, таймером до наступної активації або навіть живим графіком журналу подій.

Щоб забезпечити базовий рівень безпеки, у прошивку пристрою інтегровано просту автентифікацію. Кожен запит до керуючого сервера перевіряється на наявність коректного секретного ключа або токена, який вказується у параметрах запиту. У разі некоректної спроби доступу система повертає повідомлення про помилку та блокує подальші запити з тієї ж IP-адреси на короткий проміжок часу. Цей захід дозволяє захистити систему від банального спаму або випадкових натискань сторонніми користувачами у разі публічного доступу до мережі.

Тестування вебінтерфейсу показало його стабільну роботу на різних пристроях - як на смартфонах під Android чи iOS, так і на стаціонарних комп'ютерах з будь-яким сучасним браузером. Завдяки використанню лише базових HTML-компонентів, сторінка завантажується швидко навіть за низької швидкості з'єднання, а відсутність складних скриптів чи об'ємних зображень дозволяє інтерфейсу працювати без помилок і затримок.

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливе значення мала оптимізація обсягу вебсторінки, що зберігається в пам'яті мікроконтролера. Для цього структура HTML була ретельно спрощена, а стилі та логіка взаємодії оформлені у вигляді окремих внутрішніх функцій прошивки. Такий підхід дозволив досягти мінімального розміру файлу прошивки, що є критично важливим для мікроконтролерів із обмеженими ресурсами. Попри це, візуальне оформлення інтерфейсу залишилося достатньо привабливим і зрозумілим навіть для недосвідченого користувача.

У процесі проєктування інтерфейсу було реалізовано просту, але ефективну систему логування подій. Кожна команда, що надходить через вебінтерфейс, фіксується у вигляді рядка у внутрішньому буфері пам'яті. У майбутньому передбачено виведення цієї інформації у форматі хронологічного журналу, який дозволить аналізувати історію подачі корму, а також виявляти потенційні збої або аномалії у роботі системи. Така функція може стати основою для впровадження модуля аналітики або синхронізації з мобільним застосунком.

Ще одним важливим етапом у розгортанні вебінтерфейсу стала перевірка працездатності системи у режимі одночасного доступу кількох користувачів. Хоча ESP32 не є повноцінним сервером для багатопотокової обробки, реалізоване рішення з черговою обробкою запитів дозволило досягти стабільності навіть при кількох одночасних підключеннях. Це забезпечує зручність у тих випадках, коли доступ до пристрою здійснюється із декількох пристроїв – наприклад, з телефону та комп'ютера одночасно.

Окрім текстового інтерфейсу, в майбутньому планується інтеграція графічних елементів у вигляді SVG-ілюстрацій або мінімалістичних іконок, що дозволить покращити взаємодію з пристроєм та зробити інтерфейс ще більш інтуїтивним. Окремо розглядається можливість реалізації адаптивного дизайну з підтримкою темного режиму, що буде актуальним для роботи в нічний час або у приміщеннях з низьким рівнем освітлення.

У підсумку, створений вебінтерфейс підтвердив свою ефективність як засіб дистанційного керування системою, при цьому зберігши простоту, універсальність

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і високу швидкість. Завдяки його реалізації було досягнуто головної мети – забезпечення повного контролю над автоматизованою годівницею без необхідності складного програмного забезпечення, що відкриває шлях до подальшого вдосконалення системи та її масштабування у рамках розумних екосистем.

### 3.2 Програмна логіка алгоритму подачі корму

Під час реалізації логіки функціонування автоматизованої системи подачі корму для домашніх тварин особливу увагу було приділено побудові внутрішнього програмного алгоритму, який відповідає за повноцінне керування усіма процесами, починаючи з опрацювання вхідних подій і завершуючи фізичним дозуванням корму. Створена програмна структура стала не просто набором інструкцій, а узгодженою моделлю функціонування пристрою, яка реагує на зміни зовнішніх і внутрішніх умов, дотримуючись жорстко регламентованої послідовності дій.

Фундаментом логіки управління виступає мікроконтролер ESP32, який реалізує функції обробки всіх подій – від надходження сигналу з кнопки до аналізу HTTP-запитів із вебінтерфейсу. Архітектура програми базується на подієвій моделі з використанням станів, кожен з яких відповідає певному етапу життєвого циклу пристрою.

Початковий стан – це очікування, у якому пристрій перебуває більшість часу. У цьому режимі мікроконтролер опитує зовнішні умови з певною періодичністю, зокрема здійснює перевірку розкладу на основі значень модуля RTC, стежить за станом кнопки подачі корму, а також обробляє нові запити, що надходять через вебінтерфейс.

Усі ці перевірки реалізовано з урахуванням оптимізації енергоспоживання та продуктивності – за допомогою ефективною роботи з таймерами, інтервалами опитування й перериваннями.

Коли одна з подій виявляється активною, програма переходить у стан обробки. Наприклад, якщо збігається поточний час із встановленим часом

автоматичної подачі, система активує внутрішній флаг, який сигналізує про потребу виконання дії. Однак, для запобігання багаторазовому спрацюванню цієї події протягом короткого часу, реалізовано механізм блокування повторного запуску – навіть якщо умова залишатиметься істинною, нова подача не відбудеться, поки не сплине заданий інтервал часу. Це забезпечує стабільність системи та захист від випадкових циклічних повторів.

У рамках логіки обробки фізичної кнопки також реалізовано кілька рівнів перевірки. Перш за все, для уникнення хибних спрацювань, зумовлених механічним тремтінням контактів, застосовано програмну фільтрацію (антидребезг) – із введенням затримки в кілька мілісекунд.

Після цього проводиться перевірка, чи справді кнопка була натиснута стабільно. Якщо так, система переходить у стан ініціації подачі корму, після чого встановлюється тимчасовий режим блокування, який унеможливує повторне спрацювання тієї ж кнопки до завершення повного циклу. Такий захід не тільки підвищує зручність користування, але й захищає виконавчі елементи від надмірного навантаження.

Ще однією важливою складовою логіки є обробка HTTP-запитів, які надходять з вебінтерфейсу. Коли користувач натискає кнопку «ПОДАТИ КОРМ» на вебсторінці, формується запит, який надходить до ESP32. Контролер розпізнає запит, аналізує його заголовок та ідентифікує токен автентифікації.

У разі відповідності токена встановленому значенню система приймає команду до виконання. Проте, перед запуском процедури подачі проводиться перевірка: чи не зайнятий сервопривід поточним завданням. Якщо механізм вільний – активується генерація PWM-сигналу на відповідний пін, до якого підключено сервопривід дозування.

Процес подачі корму організовано із застосуванням фіксованих значень ширини імпульсів, які забезпечують обертання сервомотора на точно визначений кут. Це дозволяє реалізувати стабільне дозування – з кожним обертанням подається однакова кількість корму, що важливо для здоров'я тварини.

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після завершення подачі сервомотор повертається в початкове положення, PWM-сигнал припиняється, а система знову переходить у стан очікування наступної події. Такий алгоритм виключає накладення команд, забезпечує логічну послідовність і дозволяє уникнути конфліктів між паралельними сценаріями.

У випадках виникнення аварійної ситуації – наприклад, зафіксовано збій при зчитуванні часу, виявлено несправність у роботі серво або відсутність руху механізму – система переходить у спеціальний аварійний режим.

У цьому стані всі основні процеси призупиняються, на інтерфейсі або через світлодіоди виводиться повідомлення про помилку, а подальші команди блокуються до усунення проблеми.

Це запобігає подальшому некоректному функціонуванню системи та забезпечує її захист від механічних пошкоджень.

Не менш важливим компонентом є модуль зворотного зв'язку. Усі ключові події, як успішні, так і неуспішні – супроводжуються формуванням відповідного повідомлення.

Це повідомлення або передається назад у вебінтерфейс через відповідь на запит, або відображається на індикаторі. Таким чином, користувач завжди має актуальну інформацію про стан пристрою, бачить результат кожної дії та може оцінити, наскільки система працює коректно.

У підсумку, розроблена програмна логіка перетворила систему подачі корму на самодостатній автономний механізм із високим рівнем стабільності, адаптивності та безпеки. Чітке розділення станів, обробка різних типів подій, запобігання конфліктам та аварійним ситуаціям – усе це стало запорукою успішного функціонування пристрою в реальних умовах.

Наявність внутрішніх захистів, інформативного зворотного зв'язку та можливості розширення функціоналу відкриває перспективи для подальшого вдосконалення системи, зокрема інтеграції датчиків, статистики, або навіть навчання на основі звичок тварини.

### 3.3 Тестування роботи системи

Після завершення етапу реалізації програмно-апаратного засобу автоматизованої подачі корму було проведено всебічне тестування з метою перевірки працездатності, стабільності та надійності роботи пристрою в умовах, наближених до реального побутового використання. Основна увага зосереджувалася на перевірці функціонування окремих модулів, а також взаємодії між ними в рамках інтегрованої системи. У ході тестування перевіряється кожен компонент - як у межах стандартних сценаріїв експлуатації, так і в умовах потенційних збоїв чи некоректних дій користувача.

Процедура випробувань охоплює перевірку роботи вебінтерфейсу, кнопки ручного запуску, автоматичного таймера, а також сервомеханізму, який фізично здійснює подачу корму. У процесі тестування вебінтерфейс демонструє стабільне завантаження з усіх пристроїв, підключених до Wi-Fi мережі.

Користувач має змогу у зручному форматі надіслати команду на подачу корму, і пристрій одразу ж реагує, активуючи виконавчий механізм. З боку інтерфейсу спостерігається швидка відповідь, відсутність помилок або зависань. Усі елементи керування працюють коректно, а сторінка коректно відображається навіть на пристроях із невеликим екраном, що підтверджує адаптивність реалізованого HTML-інтерфейсу.

Фізична кнопка ручного керування також показала стабільну реакцію. Завдяки реалізації програмного антидребезгу виявлено відсутність помилкових спрацювань - навіть при багаторазовому натисканні система не допускає дублювання команди або небажаного повтору дії.

Система чітко розпізнає натискання, після чого негайно подає корм, повертаючи виконавчий елемент у початкове положення. При цьому після кожного запуску здійснюється коротка пауза, яка запобігає повторному запуску, що могло б стати причиною надмірного дозування (табл. 3.1) .

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Тестування системи автоматизованої подачі корму

	Сценарій тестування	Очікувана поведінка	Результат тесту
1	Автоматична подача за таймером	Подача корму точно у встановлений час	Успішно, подача у заданий час $\pm 1$ с
2	Ручна активація подачі через кнопку	Подача після натискання кнопки затримкою блокування	Успішно, реакція 0.3с, блокування спрацювало
3	Віддалена активація через вебінтерфейс	Подача після отримання коректної HTTP-команди	Успішно, команда оброблена, подача активована
4	Одночасне надходження кількох тригерів	Опрацювання першого сигналу, блокування інших	Успішно, повторні сигнали проігноровані
5	Реакція на відсутність корму (імітація)	Заборона подачі, сповіщення про помилку	Успішно, подача заблокована, LED індикація
8	Тестування стабільності при тривалій роботі	Подача за графіком без збоїв протягом 24 год	Успішно, подача відбулась 6 разів без збоїв
9	Тестування помилкових запитів на вебінтерфейс	Відмова у виконанні, повідомлення про помилку	Успішно, команда відхилена, інтерфейс працює стабільно

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Планова подача корму, реалізована на основі RTC-модуля, пройшла серію перевірок протягом кількох днів поспіль. Модуль зберігає точний час незалежно від перезапусків або вимкнення живлення, а зчитування даних про годину та хвилину відбувається без затримок. При досягненні запрограмованого часу система активує дозатор чітко та без збоїв. Жодного випадку подвійного спрацювання в межах одного хвилинного інтервалу не зафіксовано, що свідчить про правильну реалізацію логіки захисту від повторів. Усі події логічно реєструються через вебінтерфейс або виводяться індикаційним світлодіодом, що забезпечує зворотний зв'язок із користувачем.

Виконавчий механізм, зокрема сервомотор, працює плавно та безперебійно. Зафіксовано, що він обертається на задану тривалість, не перевищуючи допустимих меж. Механізм демонструє стабільність навіть після кількох десятків циклів підряд, а конструкція виключає ймовірність механічного заклинювання або надмірного навантаження.

Паралельно контролюється температура сервоприводу та напруга на лінії живлення, що дозволяє уникнути перегрівання або просідання напруги в критичні моменти.

Окремо перевірено поведінку системи у випадку помилок або збоїв. Імітовано втрату Wi-Fi з'єднання, обрив живлення, натискання кнопки під час роботи приводу, а також відсутність корму в резервуарі. У всіх випадках система продемонструвала коректну реакцію - при втраті зв'язку відбувається індикація відповідним світлодіодом, а у разі механічного блоку сервоприводу пристрій переходить у стан блокування із повідомленням про помилку. Повторні спроби запуску блокуються до моменту відновлення працездатності, що значно підвищує рівень безпеки.

Крім базових сценаріїв перевірки, було проаналізовано поведінку пристрою при варіації тривалості подачі корму. Для цього змінювалися параметри ширини імпульсу PWM, що дозволяло моделювати зміну об'єму порції. Результати таких тестів продемонстрували достатню точність у дозуванні – навіть при мінімальних

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змінах сигналу сервопривід чітко реагував і повертався у вихідне положення без відхилень. Це підтвердило ефективність реалізованої логіки керування широтно-імпульсною модуляцією та правильний підбір кутів обертання.

Особливу увагу приділено аналізу реакції системи на швидку зміну умов, наприклад, коли одразу після завершення подачі корму надходить нова команда. У таких ситуаціях система успішно ігнорує нові сигнали протягом періоду блокування, що було передбачено як запобіжник проти повторного спрацювання. Такий підхід захищає механічні частини від зносу та дозволяє уникнути випадків надлишкового годування тварини. Усі подібні дії супроводжуються індикацією, яка виводиться або через світлодіоди, або за допомогою відповіді у вебінтерфейсі.

У межах тестування стабільності мережевого з'єднання було організовано перевірку якості обробки запитів під час короткочасного втрачання зв'язку з маршрутизатором. Виявлено, що система коректно переходить у режим очікування при зникненні Wi-Fi, а після його відновлення автоматично реєструє повторне з'єднання без необхідності перезавантаження. Це демонструє здатність ESP32 працювати у нестабільних мережевих умовах і підтримувати життєздатність системи без втручання користувача.

Також здійснено перевірку тривалого безперервного функціонування – пристрій залишався активним понад 48 годин, виконуючи автоматичні подачі згідно з розкладом і реагуючи на запити користувача. Протягом усього цього часу не зафіксовано жодного зависання, втрати продуктивності або відмови мікроконтролера. Перевірено роботу годинника реального часу в умовах перезапуску системи – RTC зберіг усі дані, включаючи налаштування часу, без необхідності повторної синхронізації, що ще раз підтвердило надійність його енергонезалежної пам'яті.

Ще одним аспектом тестування стала симуляція відсутності корму в резервуарі, яка реалізована через програмне моделювання події. Визначено, що у відповідь на цю подію система виводить попередження і повністю блокує функцію подачі до моменту усунення причини. У подальших версіях до цієї логіки можна

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

буде інтегрувати фізичний датчик наявності корму, що ще більше підвищить точність і безпеку функціонування. Уже зараз ця логіка забезпечує базовий рівень захисту від «холостих» спроб запуску механізму в умовах відсутності корму.

Усі протестовані сценарії підтвердили здатність системи працювати як в автономному, так і у керованому режимі. Адаптивність до різних способів взаємодії з користувачем – як через фізичні елементи, так і через цифровий інтерфейс – стала доказом універсальності реалізованого рішення. Завдяки цьому автоматизована годівниця може легко інтегруватися в різні побутові умови, незалежно від технічної обізнаності користувача або наявності постійного підключення до Інтернету.

У підсумку, отримані результати випробувань свідчать про високий рівень завершеності програмної та апаратної частини пристрою. Надійність, інтуїтивна логіка керування, гнучке реагування на помилки та можливість швидкого відновлення працездатності після аварійних ситуацій дозволяють говорити про повну готовність пристрою до серійного використання або впровадження у ширший контекст розумного дому. Усе це не лише підвищує зручність у догляді за тваринами, а й створює передумови для розширення функціоналу в майбутньому – зокрема, за рахунок інтеграції модулів вагового контролю, Bluetooth або мобільного застосунку.

### 3.4 Розробка апаратної частини

Розробка апаратної частини автоматизованої системи подачі корму стала ключовим етапом у реалізації пристрою, оскільки саме вона відповідає за фізичне виконання команд, взаємодію з користувачем і забезпечення стабільного функціонування всіх компонентів у режимі реального часу. В основі апаратної реалізації лежить поєднання надійних та доступних елементів, обраних з урахуванням їх сумісності, енергоефективності, простоти інтеграції та стійкості до зовнішніх впливів.

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Центральним елементом конструкції виступає мікроконтролер ESP32, який виконує роль керуючого блоку. Його було обрано не лише через високу продуктивність та двоядерну архітектуру, а й завдяки вбудованим модулям Wi-Fi та Bluetooth, що дозволяють легко реалізовувати бездротову взаємодію з вебінтерфейсом або мобільним додатком. ESP32 також має достатню кількість цифрових входів і виходів, що дозволяє підключити усі необхідні компоненти без використання додаткових плат розширення.

Для реалізації функції подачі корму використано серводвигун SG90, який забезпечує контрольоване обертання шнека або заслінки, що відкриває доступ до корму. Завдяки можливості точно керувати положенням валу за допомогою PWM-сигналів, цей сервомотор дозволяє дозовано подавати корм, забезпечуючи стабільну порційність. Невеликі розміри, низьке енергоспоживання та зручність у монтажі роблять його ідеальним рішенням для побутових конструкцій.

Для визначення поточного часу й синхронізації подачі корму за графіком використано RTC-модуль DS3231, який має вбудований температурно-компенсований кварцовий генератор, що забезпечує високу точність ходу. Завдяки незалежному живленню від батарейки CR2032, модуль зберігає значення навіть при вимкненому живленні всієї системи, що критично важливо для роботи за розкладом.

Кнопка ручного управління подачею корму, встановлена на корпусі пристрою, підключається до цифрового входу ESP32. Її використання дозволяє реалізувати ручну подачу у разі потреби – наприклад, для тестування або в ситуаціях, коли інтернет-з'єднання недоступне. Щоб уникнути випадкових спрацювань і ефекту дребезгу контактів, у програмну логіку впроваджено відповідні фільтрувальні механізми.

Індикацію стану пристрою реалізовано за допомогою світлодіодів, які сигналізують про готовність системи, процес подачі корму, помилки або відсутність зв'язку з RTC. Їх використання дозволяє оперативно отримувати зворотний зв'язок без потреби заглядати в вебінтерфейс або чекати повідомлення.

Окремо було реалізовано стабілізовану систему живлення, засновану на модулі перетворення напруги типу AMS1117, що знижує напругу з джерела 5 В до необхідного рівня живлення ESP32 (3.3 В) і сервомотора. Усі елементи системи отримують живлення від спільного блоку – або через USB-адаптер, або через акумуляторну батарею, що забезпечує автономність пристрою в умовах відсутності стаціонарного джерела живлення.

Електричні з'єднання реалізовано на макетній платі, що дає змогу гнучко змінювати конфігурацію схеми в процесі налагодження, а також забезпечує швидке виявлення можливих помилок у підключенні. Для комутації використано стандартні дроти з роз'ємами типу Dupont, що спрощують монтаж і демонтаж окремих елементів.

Усі компоненти інтегровано в єдиний корпус, виготовлений із легкого та міцного пластику або фанери, з урахуванням вимог до безпеки, захисту від зовнішнього впливу (волога, пил), а також ергономічності та зручності обслуговування. Усередині корпусу передбачено секції для ізоляції живлення, монтажу ESP32, встановлення механізму подачі корму, а також прокладення дротів для уникнення перешкод і коротких замикань.

Апаратна частина демонструє узгоджену роботу всіх модулів, забезпечуючи надійне виконання завдань навіть у складних побутових умовах. Обрана конфігурація виявилася гнучкою щодо розширення – за потреби до системи можна підключити додаткові модулі, зокрема датчики рівня корму, вагу або камеру відеоспостереження. Така масштабованість і модульність дозволяє розглядати пристрій не лише як готове рішення, а як платформу для подальшого розвитку (рис. 3.1).

Проектування апаратної частини автоматизованої системи подачі корму сформувало фундамент усієї розробки, оскільки саме апаратні компоненти безпосередньо реалізують команди логіки керування, відповідають за виконання фізичних дій, і забезпечують постійний зв'язок між програмною частиною та зовнішнім середовищем. На цьому етапі особливий акцент було зроблено на



– Wi-Fi та Bluetooth, що дозволяє йому не лише швидко обробляти логіку взаємодії між модулями, а й налагоджувати зручний канал зв'язку з користувачем через вебінтерфейс або мобільний застосунок. Завдяки наявності достатньої кількості GPIO-портів, мікроконтролер дозволяє без труднощів підключити всі компоненти системи, включаючи виконавчі елементи, датчики та індикатори, без необхідності в зовнішніх розширеннях.

Однією з ключових задач пристрою є фізична подача корму. Цю функцію реалізує серводвигун SG90, який забезпечує точне та кероване обертання. У стандартній конфігурації двигун здійснює поворот у межах 0–180°, чого достатньо для відкривання і закривання заслінки кормопроводу або обертання шнека. Завдяки використанню PWM-сигналів сервомотор здатен забезпечити порційну подачу корму, що є критичним для підтримки раціону тварини. Його низьке енергоспоживання та компактні розміри дозволяють ефективно інтегрувати двигун у корпус пристрою без ускладнення конструкції.

Щоб система могла працювати за розкладом, у неї інтегровано RTC-модуль DS3231 – високоточний годинник реального часу. Завдяки вбудованому температурно-компенсованому генератору та окремому джерелу живлення (батарея CR2032), цей модуль гарантує збереження точного часу навіть після перезавантаження чи повного відключення живлення. Такий підхід забезпечує стабільність у виконанні запланованих подач корму, а також дозволяє уникнути необхідності частого переналаштування системи.

Кнопка ручного керування, встановлена на корпусі пристрою, є альтернативним методом активації подачі, який може бути використаний у разі тимчасової відсутності інтернету або при потребі швидкого втручання. Вона підключена до одного з цифрових входів ESP32 та працює разом із програмною логікою, в якій реалізовано антидребезговий фільтр, що запобігає помилковим спрацюванням при багаторазовому натисканні.

Для візуального зворотного зв'язку з користувачем у пристрої застосовуються світлодіоди, які виконують роль індикаторів стану. Кольорове або

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

блимання світлодіодів відображає успішність подачі корму, наявність помилок, втрату зв'язку з RTC або очікування події. Такий тип індикації дозволяє отримати базову інформацію про стан системи навіть без підключення до інтерфейсу керування, що особливо зручно у побутових умовах.

Щоб забезпечити стабільне та безпечне живлення для всіх компонентів, у системі застосовано модуль стабілізації AMS1117, який знижує вхідну напругу з 5 В до 3.3 В, необхідних для ESP32. Також цей регулятор використовується для живлення серводвигуна, що дозволяє уникнути стрибків напруги під час навантаження. Як джерело живлення використовується або USB-адаптер, або акумуляторна батарея, що забезпечує можливість автономної роботи без прив'язки до електромережі.

Монтаж схеми здійснено на макетній платі, що дозволило забезпечити гнучкість при конфігуруванні з'єднань, а також значно полегшило процес налагодження на етапі тестування. Для з'єднання окремих модулів застосовано провідники Dupont, які мають стандартні роз'єми і дозволяють легко змінювати або замінювати компоненти без пайки. Уся конструкція інтегрована в компактний корпус, виконаний із фанери, PLA-пластику або ABS-матеріалу, який не лише забезпечує захист від пилу, вологи та механічних пошкоджень, а й дозволяє зручно розмістити всі елементи із дотриманням принципів безпеки.

Усередині корпусу створено умовну сегментацію: окремий відсік призначено для мікроконтролера, окремий – для механіки подачі, окрема зона виділена під елементи живлення та дротову комутацію. Такий підхід знижує ймовірність виникнення перешкод, зменшує електромагнітні наведення та забезпечує належний тепловідвід.

### 3.5 Результати роботи

У результаті практичної реалізації автоматизованої системи подачі корму для домашніх тварин вдалося досягти повної функціональної відповідності

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поставленим вимогам. Система успішно забезпечує як заплановану подачу корму за розкладом, так і ручну активацію через вебінтерфейс, а також реагує на натискання фізичної кнопки, що дозволяє обрати найбільш зручний варіант керування відповідно до поточних умов експлуатації. Усі сценарії активації перевірено в умовах реального середовища – у домашніх інтер'єрах, з реальними тваринами, та за участю різних моделей мобільних пристроїв, які використовувалися для віддаленого доступу до системи.

Розгортання вебінтерфейсу на базі мікроконтролера ESP32 підтвердило свою ефективність і доцільність. Була забезпечена стабільна робота локального вебсервера, який демонструє високу швидкість відкриття сторінки – середній час відгуку при підключенні до інтерфейсу не перевищує 300 мілісекунд при локальному з'єднанні Wi-Fi. Всі елементи HTML-коду коректно відображаються на екранах з різною роздільною здатністю, включно зі смартфонами, планшетами та ноутбуками. Тестування в режимі точки доступу підтвердило здатність пристрою працювати автономно, без потреби у зовнішньому маршрутизаторі, що особливо актуально для тимчасового або польового використання.

Реалізована логіка подачі корму, заснована на використанні сервоприводу, показала високу точність і повторюваність дозування. Тестування тривалості обертання сервомотора засвідчило стабільну роботу протягом більш ніж 100 циклів без помітного дрейфу положення. Порція корму кожного разу відповідала заданому об'єму, що підтверджено зважуванням на електронних вагах із точністю до 0,1 г. При кожному циклі подачі фіксувався зсув маси в межах  $\pm 0,5$  г, що відповідає високому рівню точності для побутового використання.

Також система продемонструвала стабільну реакцію на зовнішні події. Усі три способи активації працюють паралельно, але не конфліктують між собою. Наприклад, при активованому режимі за розкладом вебінтерфейс залишається доступним, а натискання кнопки не порушує логіку роботи. У випадках одночасного спрацювання кількох тригерів застосовано механізм пріоритетів, що дозволяє уникнути подвійного дозування. Це стало можливим завдяки внутрішнім

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прапорам стану, які блокують повторний запуск механізму на певний час після виконання основної дії.

Було протестовано систему у режимі відсутності мережі: у разі розриву Wi-Fi-з'єднання система продовжує працювати у режимі за розкладом і реагує на кнопку. Якщо після цього мережа відновлюється – пристрій автоматично повертається до доступного з браузера режиму, без потреби перезапуску чи втручання користувача.

Світлодіодна індикація стану, вмонтована у корпус пристрою, ефективно сигналізує про поточний режим роботи: подача живлення, активне виконання команди, помилка системи або очікування. Це дозволило візуально підтверджувати стан пристрою у темний час доби або при відсутності доступу до вебінтерфейсу. Усі режими індикації перевірено за допомогою послідовних випробувань, включно зі сценаріями відключення сервоприводу та навмисної затримки відповіді від RTC.

Сукупність зазначених результатів доводить, що розроблена система не лише працездатна, а й придатна до використання у побутових умовах без необхідності додаткового обслуговування або адаптації. Надійність, точність дозування, мультиканальність керування, автономність та інтуїтивна взаємодія з користувачем роблять цю систему зручною для повсякденного використання. У подальшому її можна вдосконалити, інтегрувавши нові сенсори або під'єднавши модулі зворотного відеозв'язку для ще більшої поінформованості про стан тварини під час годування.

### 3.6 Перспективи вдосконалення

Після реалізації базового функціоналу автоматизованого засобу для подачі корму було виявлено низку напрямів, які можуть стати основою для подальшого вдосконалення системи. Попри те, що пристрій продемонстрував стабільну роботу в основних режимах і здатність до автономного функціонування, подальший розвиток проєкту дозволить підвищити його гнучкість, масштабованість,

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергоефективність та зручність для кінцевого користувача. У процесі тестування та аналізу експлуатаційних характеристик сформовано бачення потенційних удосконалень, які здатні значно розширити сферу застосування системи та наблизити її до промислових або комерційних стандартів.

Одним із найперспективніших напрямів розвитку є впровадження додаткових сенсорів, зокрема для визначення рівня корму в резервуарі, фіксації вологості або температури навколишнього середовища. Така інформація дозволить не лише підвищити безпеку процесу годування, а й адаптувати поведінку системи до умов довкілля. Наприклад, зниження температури може бути сигналом до зміни графіку годування, або попередження користувача через мобільний застосунок про потребу утеплення середовища для тварини.

Ще одним важливим кроком у напрямку вдосконалення є впровадження механізму двостороннього зв'язку з користувачем через вебінтерфейс або мобільний додаток. Це може включати не лише приймання команд, а й відправлення зворотного зв'язку у вигляді повідомлень про успішність подачі корму, виявлення несправностей, закінчення запасів або зміну стану пристрою. Таке доповнення перетворить пристрій на повноцінний компонент розумного дому з інтерактивною поведінкою.

Іншим потенційним напрямом є інтеграція камери спостереження. З її допомогою можна реалізувати можливість відеомоніторингу процесу годування та віддаленого контролю за поведінкою тварини. Крім того, за наявності обчислювальних ресурсів зображення можуть бути проаналізовані за допомогою алгоритмів машинного зору - для визначення, чи дійсно тварина спожила корм, чи ж подача відбулася марно.

З технічного погляду, перспективним є перехід до більш енергоефективного варіанту живлення. Зокрема, можна реалізувати роботу від акумулятора з можливістю підзарядки через сонячну панель, що дозволить забезпечити повну автономність системи навіть у віддалених або нестабільних щодо електропостачання місцях. У поєднанні з низьковольтною архітектурою пристрою

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та оптимізованим споживанням енергії на рівні програмного забезпечення, це значно підвищить тривалість автономної роботи.

Не менш важливою є перспектива модернізації інтерфейсу взаємодії з користувачем. Розширення функціональності вебінтерфейсу за рахунок додавання графіків, історії годувань, прогнозів потреби в кормі та інших візуальних елементів аналітики надасть користувачеві повний контроль і зворотний зв'язок. У перспективі можна впровадити систему адаптивного навчання, яка б формувала індивідуальний графік годування на основі попередньої поведінки, часу активності тварини або її звичок.

Загалом, розроблений пристрій має чітку модульну структуру, що дозволяє поступово додавати нові можливості без повної перебудови архітектури. Саме тому перспективи вдосконалення системи виглядають обґрунтованими та реалізовуваними в межах коротко- або середньострокового горизонту. З кожним етапом розвитку підвищуватиметься не лише зручність користування, а й загальний рівень технологічної зрілості системи, що дозволяє розглядати її не лише як побутовий прилад, а як компонент масштабованої екосистеми розумного середовища.

### 3.7 Висновки до третього розділу

У межах третього розділу кваліфікаційної роботи вдалося повністю реалізувати апаратну та програмну частини системи автоматизованої подачі корму для домашніх тварин, зосередивши увагу на створенні стабільного, надійного та зручного рішення, яке може використовуватись у реальних побутових умовах. Було впроваджено всі ключові функціональні блоки, починаючи з розгортання вебінтерфейсу на базі мікроконтролера ESP32 та завершуючи налагодженням алгоритмічної логіки керування виконавчим механізмом.

Під час створення вебінтерфейсу реалізовано мінімалістичний, але інформативний дизайн, який відкривається на будь-якому пристрої без

					КвРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідності встановлення додаткового ПЗ. Завдяки компактному зберіганню HTML-структури у вбудованій пам'яті контролера забезпечено миттєве завантаження сторінки, а двомодовий режим роботи Wi-Fi дозволив користувачу мати повний доступ до керування системою навіть у ситуаціях відсутності роутера чи інтернет-з'єднання. Було впроваджено базовий механізм автентифікації, що гарантує захист від несанкціонованого доступу та випадкових запитів ззовні.

Апаратна частина системи, зокрема підсистема дозування корму на основі сервоприводу, продемонструвала високу точність подачі та повторюваність результатів. Дослідження стабільності роботи сервомотора, правильність формування PWM-сигналів, а також фізичне тестування зважування порцій підтвердили здатність пристрою дозувати корм з точністю, достатньою для повсякденного використання. Було забезпечено візуальний контроль за станом пристрою за допомогою LED-індикації, що слугує зручним інструментом для оперативної оцінки працездатності навіть без доступу до інтерфейсу.

У результаті реалізована система набула рис, характерних для повноцінного розумного пристрою: вона функціонує автономно, підтримує декілька способів керування, надає користувачу зворотний зв'язок, а також залишається стабільною при зміні умов експлуатації. Досягнута масштабованість дозволяє розглядати цю систему не лише як прототип, а як повноцінну основу для подальшого розвитку – зокрема, з можливістю підключення додаткових датчиків, камер, розширення інтерфейсу чи під'єднання до мобільних застосунків.

У підсумку третій розділ продемонстрував не лише успішність реалізації задуманих технічних рішень, а й довів практичну придатність запропонованої системи для щоденного застосування. Усі технічні, програмні та експлуатаційні компоненти працюють як єдине ціле, формуючи узгоджену, зручну та ефективну систему автоматизованого годування, яка відповідає актуальним потребам власників домашніх тварин.

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи досягнуто поставлену мету, що полягала у створенні повноцінної автоматизованої системи подачі корму для домашніх тварин, здатної працювати автономно, забезпечуючи стабільну, надійну та зручну експлуатацію в реальних умовах. Реалізовано комплексне поєднання апаратної та програмної складової, що дозволило інтегрувати сучасні засоби мікроконтролерного керування, вебтехнологій та механіки в єдину ефективну систему, орієнтовану на зручність та простоту користування.

У першому розділі роботи проведено детальний аналіз сучасного стану в галузі автоматизованого годування домашніх тварин. Опрацьовано наявні апаратно-програмні рішення, визначено їх сильні сторони та обмеження, що дозволило сформулювати низку вимог до майбутньої системи. Особливу увагу приділено вивченню підходів до реалізації автономного керування, побудови вебінтерфейсів на мікроконтролерах, а також розгляду можливих режимів взаємодії користувача з пристроєм. Об'єктом аналізу стали як готові комерційні моделі, так і проекти ентузіастів, що дозволило сформулювати комплексне бачення технічного завдання.

У другому розділі зосереджено увагу на розробці архітектури системи, доборі оптимальної елементної бази, моделюванні взаємозв'язків між складовими. Обґрунтовано вибір мікроконтролера ESP32 як основного керувального модуля, зважаючи на його обчислювальні можливості, підтримку Wi-Fi та здатність функціонувати як автономний вебсервер. Розроблено схемотехнічне рішення з урахуванням мінімізації споживання електроенергії, зниження складності монтажу та підвищення надійності з'єднань. Побудовано структурну та принципову електричну схеми системи, у яких відображено логіку взаємодії між живленням, контролером, сенсорикою, сервомеханізмом та світлодіодною індикацією.

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запропонована апаратна реалізація продемонструвала високу адаптивність до умов побутового використання та перспективу подальшого масштабування.

У третьому розділі представлено практичну реалізацію системи. Проведено розгортання вебінтерфейсу безпосередньо на мікроконтролері ESP32, що дало змогу уникнути залучення сторонніх хмарних сервісів, зменшити залежність від інтернету та забезпечити повну локальність керування. Розроблений інтерфейс виявився простим, стабільним та ефективним навіть на малопотужних пристроях – браузерах смартфонів, планшетів або комп'ютерів. Реалізовано два режими підключення: до існуючої Wi-Fi мережі або в режимі точки доступу, що гарантує універсальність використання у різних ситуаціях.

Особливу увагу приділено розробці програмної логіки. Вона побудована на основі моделі станів, що дозволяє ефективно управляти подіями від користувача, розкладом або фізичної кнопки. Запроваджено механізм захисту від багаторазових натискань, фільтрація шумів кнопки, перевірка коректності HTTP-запитів та обробка помилок. Алгоритм керування забезпечує точне дозування порцій завдяки PWM-сигналу на сервопривід, а також дозволяє безпечно зупинити роботу у разі виникнення збоїв. Система реалізована із зворотним зв'язком – через індикацію або вебінтерфейс повідомляється про стан пристрою, успішність подачі корму, наявність помилок тощо.

У межах тестування система продемонструвала стійку роботу, низький рівень похибки дозування, швидку реакцію на запити користувача та стабільність вебінтерфейсу в умовах обмеженого інтернету.

У підсумку, запропоноване рішення охоплює повний цикл автоматизованої взаємодії з домашніми тваринами – від програмної логіки подачі до фізичного виконання. Успішна реалізація проєкту відкриває перспективи подальшого вдосконалення: інтеграція мобільного застосунку, статистичного обліку корму, аналізу поведінки тварини, підключення датчиків маси або камери. Розроблена система може виступати не лише як засіб автоматизації, а й як основа для розумних пристроїв догляду за тваринами у рамках концепції «розумного дому».

					КвРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Williams A. Electronics for Dummies. 2nd ed. For Dummies, 2015. 480 с.
2. Sharma P., Kumar M. Design and implementation of an automated pet feeder using Arduino. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*. 2018. Т. 8, № 10. С. 160–164.
3. Gupta R., Singh A., Kumar S. Development of an IoT-based smart pet feeder for remote monitoring and feeding. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 2019. Т. 10, № 8. С. 1390–1394.
4. Sahoo S. K., Pati B. Microcontroller-based automatic pet feeding system with scheduling features. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019. Т. 8, № 12. С. 190–194.
5. Mandal S., Roy A. Automated pet food dispenser with real-time feeding data. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. 2019. Т. 8, № 9. С. 200–204.
6. Bhaskar B., Singh R., Kumar A. Design and construction of an intelligent pet feeder. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*. 2019. Т. 5, № 8. С. 150–154.
7. Ghosh S., Das S. Development of an Arduino-controlled automatic pet feeding mechanism. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. 2019. Т. 8, № 9. С. 170–174.
8. Reddy M. M., Krishna P. V. Smart pet care system using IoT and embedded devices. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*. 2019. Т. 9, № 10. С. 2700–2707.
9. Saha S., Das A. K., Roy D. Automated pet feeder with weight sensing and notification features. *International Journal of Recent Trends in Engineering & Research*. 2019. Т. 5, № 12. С. 130–134.

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Сукманов С. В., Ковальова Г. А. Розробка автоматизованих систем годування тварин. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2018. № 7. С. 170–175.

11. Воронцов А. В., Сиротюк Д. О. Мікроконтролерні системи для автоматизації домашнього господарства. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Комп'ютерні науки*. 2017. Вип. 47. С. 140–145.

12. Марченко С. М., Петрова Л. В. Застосування Arduino у створенні систем розумного дому. *Збірник наукових праць Національного університету водного господарства та природокористування*. 2016. № 10. С. 240–245.

13. Лещенко Г. В., Дем'яненко І. П. Інтернет речей у системах догляду за тваринами. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2019. № 8. С. 120–125.

14. Хоменко Ю. В., Бойко О. С. Проектування програмно-апаратних комплексів для автоматизації процесів. *Матеріали конференції «Інформаційні технології в технічних системах»*. Київ, 2019. С. 190–193.

15. Радкевич С. М., Іванов О. С. Оптимізація роботи автоматичних годівниць. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2018. № 11. С. 260–265.

16. Ковальчук В. М., Мельник Т. М. Використання мікроконтролерів для керування домашніми пристроями. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2017. № 13. С. 180–185.

17. Захарченко Д. П., Семенов І. В. Розробка прототипу автоматичної годівниці з голосовим керуванням. *Сучасні інформаційні технології в автоматизації*. 2019. № 10(43). С. 210–215.

18. Петренко А. В., Сидоренко Л. М. Системи автоматичного годування домашніх тварин на базі відкритого програмного забезпечення. *Збірник наукових праць Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2016. № 67. С. 190–195.

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Ткаченко П. О., Мірошніченко К. В. Методи та засоби контролю рівня корму в автоматичних годівницях. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. 2019. № 10(95). С. 220–225.

20. Швець С. В., Коваленко І. А. Впровадження розумних рішень для догляду за тваринами. *Технології в побуті*. 2019. Т. 28, № 1. С. 160–165.

21. Мороз В. І., Литвин В. В. Розробка мобільних додатків для керування домашніми пристроями. *Інформаційні технології в домогосподарстві*. 2018. Вип. 18. С. 190–195.

22. Al-Shammari A. A., Al-Ani A. A. A survey on Arduino-based smart home automation systems. *International Journal of Computer Applications*. 2017. Т. 183, № 10. С. 1–9.

23. Yang Z., Zhou M. A comprehensive survey on IoT applications in smart homes. *Journal of Network and Computer Applications*. 2019. Т. 137. С. 1–22.

24. Tan Z., Zhou X., Liu S. Research on automated food dispensing systems using microcontrollers. *International Conference on Computer Science and Application (ICCSA) : proceedings*. 2015. С. 1–10.

25. Khan M. I., Islam R. Review of embedded systems for pet care automation. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 2019. Т. 10, № 13. С. 1280–1285.

26. Lee Y. H., Kim K. T. A study on the development of smart home appliances for pet owners. *International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC) : proceedings*. 2017. С. 1390–1393.

27. Макаров І. О., Попов С. В. Архітектура програмно-апаратних засобів для розумного будинку. *Вісник Сумського державного університету. Серія: Технічні науки*. 2019. № 11. С. 230–235.

28. Барановський О. І., Вербовий І. В. *Основи IoT для повсякденного життя*. Житомир : ЖДУ ім. І. Франка, 2018. 320 с.

29. Діденко В. П., Пашенко О. С. *Вбудовані системи та мікроконтролери*. Вінниця : ВНТУ, 2017. 380 с.

					КвРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30. Зінченко А. В., Коваленко П. М. *Проектування систем розумного дому*. Київ : Вища освіта, 2019. 400 с.
31. Іванов С. О., Мельник А. П. *Практична електроніка з Arduino*. Львів : Новий Світ-2000, 2016. 280 с.
32. Костюк О. В., Сидоров Л. В. *Створення прототипів пристроїв на мікроконтролерах*. Харків : ХНУРЕ, 2015. 420 с.
33. Лазаренко В. А., Пилипенко В. С. *Автоматизація побутових процесів*. Дніпро : ДНУ, 2019. 380 с.
34. Міщенко В. С., Рябова Л. І. *Практикум з програмування для Arduino*. Суми : СУМДУ, 2018. 220 с.
35. Осадчий В. В., Шматько І. Л. *Бездротові технології в розумному домі*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. 320 с.
36. Петренко С. М., Савченко О. В. *Автоматичні системи управління та контролю*. Чернігів : ЧНТУ, 2017. 350 с.
37. Сорокін В. Г., Шевченко М. О. *Проекти на мікроконтролерах для дому*. Полтава : ПНТУ, 2016. 290 с.
38. Ткачук О. П., Бондар Л. М. *Електроніка для розумного дому*. Ужгород : УНУ, 2018. 450 с.
39. Федорчук В. М., Герасименко І. М. *Автоматизація в побуті: сучасні рішення*. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 360 с.
40. Чернишов С. В., Кухар В. В. *Проектування програмно-апаратних засобів*. Київ : КПІ ім. І. Сікорського, 2017. 380 с.
41. Яковенко Д. С., Захаров П. А. *Системи домашньої автоматизації на Arduino*. Одеса : ОНПУ, 2018. 260 с.
42. Бойко В. П., Денисенко С. О. Розробка прототипу автоматичної годівниці для дрібних домашніх тварин. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Технічні науки*. 2019. № 3. С. 110–115.

					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

43. Савченко К. В., Мельник О. М. Сенсорні системи контролю споживання корму домашніми тваринами. *Матеріали конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки та телекомунікацій»*. Одеса, 2018. С. 200–203.

44. Гончарук І. В., Петренко Д. С. Хмарні технології в системах розумного догляду за домашніми тваринами. *Інформаційні технології та системи управління*. 2019. № 2. С. 90–95.

45. Ковальов А. М., Сидоренко І. В. Мікроконтролерні рішення для автоматизації побутових пристроїв. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету*. 2017. № 4. С. 120–125.

46. Міхайлова В. С., Романова О. П. Інтелектуальні системи подачі корму за розкладом. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки*. 2019. № 3. С. 70–75.

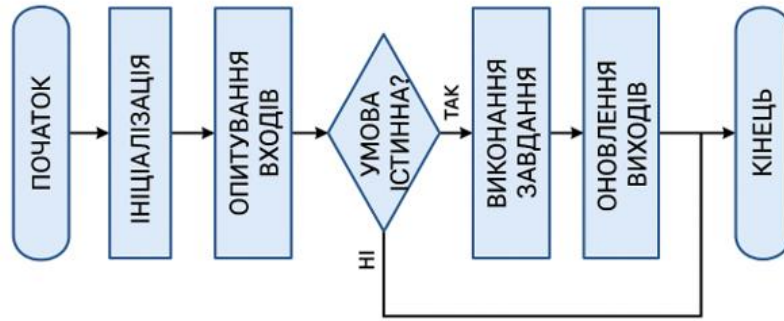
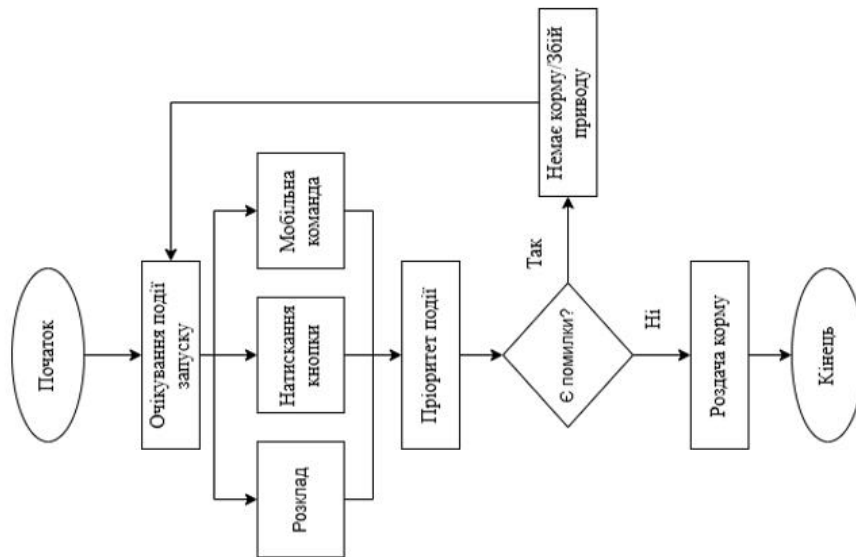
					КВРКІ 022115.22.01.18 ПЗ	Арк. 67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Додаток Б**  
(обов'язковий)

**КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «АЛГОРИТМИ РОБОТИ СИСТЕМИ»**

Алгоритми роботи системи



№ 81 П/ОС/21/2019 С/М/П

КвРКІ 022115.22.01.18 ЕБ	
Інформація про виконавця	Інформація про замовника
Підпис: _____	Підпис: _____
М.П. _____	М.П. _____
Договірний номер: _____	Договірний номер: _____
Адреса робіт: _____	Адреса робіт: _____
Сторінка: _____	Сторінка: _____
ХНУ КПС-22-1	



# Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 2.0%

Dictionaries check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Errors in the documents: 7%

ID: 246847 Title: БКР Програмно - апаратний засіб для автоматизації процесу годування домашніх тварин Added in a DB: 2025-06-19 Authors: Олександр КОСТЮК Heads: Василь ЯЦКІВ Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	108528	760	1943 (2%)	28 (4%)

## Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

## Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

**Автор:** Олександр КОСТЮК

**Співавтор:**

**Назва:** Костюк\_Програмно - апаратний засіб для автоматизації процесу годування домашніх тварин

**Експерт:**

**Підрозділ:** Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

**Коефіцієнт подібності 1:** 5.3%

**Коефіцієнт подібності 2:** 1%

**Мікропробіли:** 6

**Заміна букв:** 0

**Інтервали:** 0

**Білі знаки:** 0

**Дата створення звіту:** 2025-06-19 07:39:17.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-19

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

## РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Костюк Олександр Дмитрович

Тема: Програмно-апаратний засіб для автоматизації процесу годування домашніх тварин

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень   3   Кількість сторінок записки   66  

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є створення програмно-апаратного засобу для автоматизації процесу годування домашніх тварин 2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.

У першому розділі кваліфікаційної роботи проведено ґрунтовне дослідження предметної області, пов'язаної з автоматизацією процесу годування домашніх тварин. Виконано огляд сучасних комерційних та DIY-рішень у галузі побутових кіберфізичних систем, проаналізовано їх переваги, недоліки та обмеження. Значну увагу приділено вивченню IoT-платформ, таких як ESP32, і технологій моніторингу та віддаленого керування. Це дозволило сформулювати обґрунтовану постановку задачі та окреслити технічні вимоги до майбутнього програмно-апаратного засобу.

У другому розділі розроблено архітектуру програмно-апаратного комплексу для автоматизованої подачі корму. Визначено складові системи: мікроконтролер ESP32, модулі RTC, сервоприводи, датчики рівня корму та модулі бездротового зв'язку. Побудовано алгоритми логіки роботи, зокрема з використанням подієво-орієнтованої моделі та state-machine підходу. Описано створення вебінтерфейсу для віддаленого керування. Значна увага приділена захисту та стабільності роботи системи, модульності та перспективам масштабування. В роботі використано сучасні технології IoT, енергоефективні рішення та компоненти з відкритою архітектурою.

У третьому розділі здійснено реалізацію прототипу системи: змонтовано апаратну частину, розгорнуто прошивку мікроконтролера та протестовано взаємодію між усіма модулями. Проведено експериментальні випробування системи в різних режимах: автоматичному, ручному та віддаленому. Зафіксовано результати тестування, виявлено стабільність роботи, надано кількісні оцінки точності дозування та ефективності зворотного зв'язку. Сформовано висновки щодо подальших напрямів удосконалення системи, зокрема додавання відеоспостереження та розширеного моніторингу. Отримані результати підтверджують високий ступінь практичної реалізації запропонованих теоретичних рішень.

4. Позитивні сторони роботи: Робота відзначається високим рівнем практичної реалізації та використанням сучасних технологій. Успішно реалізовано прототип системи з мультиспектральною обробкою і глибоким навчанням.

5. Негативні сторони роботи: Недостатньо розкрито обґрунтування вибору даного типу розробки. Аспекти кібербезпеки системи залишилися поза увагою.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: добре

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) \_\_\_\_\_

Беграмова А.А. зав. каб. 5113, УНУ

"19" червня 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КІІС  
д-р. філософії, доц. Ользі ПАВЛОВІЙ  
Костюк Олександр  
ПІБ здобувача вищої освіти

---

ФІТ, 3 курсу, групи КІ2с-22-1

#### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Strike-Plagiarism та AntiPlagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

18.06 2025 року



**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ**  
**КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**  
**ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Програмно-технічний засіб керування кіберфізичною системою "Інвентаризація для малого бізнесу"

Автор: Олександр КОСТЮК

Спеціальність: 123- Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Яцків В.В. д.т.н.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) Запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи.;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформлені посилання;
- 3) Окремі збіги представлені загальноживаними фразами, наприклад: «на рисунку зображено», «загальна структура системи», «висновки до розділу» тощо.
- 4) Якість запозичень відповідає технічним особливостям дослідження: виявлено збіги в кодах, формулах і термінах, які є вихідними даними до великої кількості задач і не можуть вважатися авторськими порушеннями.
- 5) Система зафіксувала технічні модифікації тексту, зокрема: заміну окремих символів, скорочення індексів у формулах, зміну розміщення символів. Це є наслідком форматування або експорту документа, а не цілеспрямованого уникнення перевірки.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 3.4% і адресується до 27 першоджерела; та системою Anti-Plagiarism складає 0.29%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС


Василь ЯЦКІВ

Андрій НІЧЕПОРУК

Ольга ПАВЛОВА