

Міністерство освіти і науки України  
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра «Автоматизації виробничих процесів»

“Допущено до захисту ”

Зав. кафедрою АВП

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ О.К. Дідик

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

## **ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА за ступенем вищої освіти «Бакалавр»**

на тему:

### **«Система відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору» «System for tracking technological parameters in the apiary during honey harvesting»**

Виконав студент IV курсу групи АК-21-3ск  
спеціальності 151 «Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегровані технології»

\_\_\_\_\_ Б.С. Шимановський

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Керівник роботи

доц, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ О.М. Сербул

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Рецензент \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

м. Кропивницький

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                                                                                                                 | 4  |
| 1 Призначення та область застосування системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору.....                                 | 6  |
| 1.1 Основні засоби пасічного господарства.....                                                                                                             | 6  |
| 1.1.1 Інвентар, що використовується при роботі з бджолами.....                                                                                             | 6  |
| 1.1.2 Поїлки і годівниці.....                                                                                                                              | 9  |
| 1.1.3 Метеорологічні прилади на пасіці.....                                                                                                                | 11 |
| 1.2 Життя бджіл впродовж року.....                                                                                                                         | 13 |
| 1.2.1 Весняний період життя бджіл.....                                                                                                                     | 13 |
| 1.2.2 Роїння бджолиних сімей.....                                                                                                                          | 13 |
| 1.2.3 Головний медозбір.....                                                                                                                               | 15 |
| 1.2.4 Осінньо-зимовий період життя бджіл.....                                                                                                              | 16 |
| 1.3 Контрольна сім'я.....                                                                                                                                  | 18 |
| 1.3.1 Значення контрольного вулика.....                                                                                                                    | 18 |
| 1.3.2 Облік показань контрольного вулика.....                                                                                                              | 20 |
| 2 Огляд існуючих рішень та обґрунтування прийнятого принципу побудови системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору..... | 21 |
| 2.1 Стан автоматизації пасіки.....                                                                                                                         | 21 |
| 2.2 Огляд способів контролю роїння бджіл.....                                                                                                              | 23 |
| 2.2.1 Природа роїння бджіл.....                                                                                                                            | 23 |
| 2.2.2 Значення природного роїння.....                                                                                                                      | 28 |
| 2.2.3 Візуальні ознаки роїння бджіл.....                                                                                                                   | 29 |
| 2.2.4 Звукові ознаки роїння сім'ї.....                                                                                                                     | 30 |
| 2.3 Огляд методів визначення наповнення рамок медом.....                                                                                                   | 34 |
| 3 Опис та обґрунтування обраних проектних рішень системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору.....                      | 40 |
| 3.1 Розробка структури системи керування комплексом технічних засобів виробництва продуктів бджільництва.....                                              | 40 |

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2 Розробка структури системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору                                  | 44 |
| 3.2.1 Зважування вуликів                                                                                                                | 44 |
| 3.2.2 Сигналізатор виходу рою                                                                                                           | 49 |
| 3.3 Розробка та опис схеми функціональної системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору               | 50 |
| 3.4 Розробка схем електричних принципових реалізації системи, що проектується                                                           | 53 |
| 4 Розрахунки та експериментальні матеріали, що підтверджують працездатність виробу                                                      | 57 |
| 4.1 Розрахунок елементів блока живлення мікроконтролера                                                                                 | 57 |
| 4.2 Розрахунок надійності розроблюваної системи                                                                                         | 63 |
| 4.3 Розрахунок погрішності аналого-цифрового перетворювача                                                                              | 67 |
| 4.4 Розрахунок похибки нормуючого підсилювача                                                                                           | 68 |
| 5 Опис організації робіт, що пов'язані із застосуванням системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору | 70 |
| 5.1 Заходи для створення безпечних умов праці                                                                                           | 70 |
| 5.2 Монтаж системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору                                              | 73 |
| 5.3 Налагоджування системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору                                      | 74 |
| 5.4 Експлуатація системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору                                        | 75 |
| Висновки                                                                                                                                | 76 |
| Перелік скорочень, символів та спеціальних термінів                                                                                     | 78 |
| Список літератури                                                                                                                       | 79 |

## ВСТУП

Бджільництво – це галузь сільського господарства, яка, на жаль, зараз не користується достатньою популярністю в Україні. Переважно великі сільськогосподарські організації країни зосереджуються на рослинництві або розведенні великої рогатої худоби, залишаючи бджільництво поза увагою. За останні роки значно скоротилася кількість бджолиних сімей, а виробництво продуктів бджільництва зменшилося. В основному, бджільництвом займаються приватні особи та аматори, які утримують не більше 50 бджолиних сімей.

Чому в нашому бджільництві склалася така ситуація? Деякі звинувачують у цьому природні фактори – зміна сезонів, зниження медоносності рослин, іншу якість води і повітря. Інші вважають головною причиною хворобу комах – варроатоз, який дійсно продовжує знищувати бджіл. Промисловість і сільське господарство також страждають від використання хімікатів на полях, луках і в лісах. Кожна з цих причин має свою частку правди.

Чи задається хтось питанням про роль самого бджоляра? Чи не він наражає бджіл на небезпеку, забираючи в них весь мед і замінюючи його великою кількістю цукру? Чи не він, в гонитві за швидким прибутком, мінімізує витрати на догляд за бджолиними родами, що призводить до погіршення селекційної роботи, вимирання бджіл, зникнення кращих порід і відсутності нових, високопродуктивних видів?

Держава також не виділяє коштів на дослідження і розробки в цій галузі. Складається враження, що мед, віск, пилок і прополіс більше не потрібні. Чи можна замінити все це продуктами хімічної промисловості? Наразі в країні мало спеціалізованих магазинів, де можна придбати продукти бджільництва, і асортимент в них невеликий.

Таким чином, професія бджоляра не може користуватися великою повагою. Крім того, бджолярські спілки працюють недостатньо ефективно, а в країні відсутня надійна система підтримки бджолярів і розвитку бджільництва як галузі.

Очевидно, що бджільництво є важливою галуззю народного господарства. На відміну від великої рогатої худоби, свиней, овець і птахів, бджолам не потрібні сіно, силос, концентрати та інші традиційні корми. Бджоли не витоптують луки і не знищують посіви, а навпаки, запилюючи квітки, підвищують урожайність і якість насіння, сприяючи таким чином розвитку рослинництва і тваринництва.

У кожному господарстві є природні угіддя і поля, де вирощуються рослини, що виділяють нектар і пилок. При грамотному підході з кожного гектара можна отримувати не лише зерно і продукти тваринництва, але й мед, віск, пергу, прополіс та інші продукти бджільництва. Таким чином, бджоли підвищують вихід цінної продукції з гектара. З давніх часів бджільництво є показником високої культури ведення сільського господарства. Не випадково воно добре розвинене в таких країнах, як Голландія, США, Канада, Австралія, Японія та інших, де досягають високих врожаїв і мають високопродуктивне тваринництво. У цих країнах уряди створюють пільгові умови для розвитку бджільництва і надають значну матеріальну допомогу бджолярам, оскільки розуміють, що без бджіл неможливо отримати врожай від 80% сільськогосподарських культур. Велика увага в цих країнах приділяється автоматизації процесів бджільництва.

Варто також відзначити виховну роль бджільництва. Воно розвиває в людині увагу, акуратність, працьовитість і кмітливість. Недарма кажуть, що в поганих людей бджоли не водяться. Працьовитість бджіл служить позитивним прикладом для дітей. Діти, які вміють доглядати за бджолами, добре навчаються, дисципліновані і працьовиті. Тому талановиті педагоги завжди організовували при школах навчальні пасіки.

Все це вказує на необхідність розвитку автоматизації технологічних процесів у бджільництві, впровадження засобів, що полегшують умови праці пасічника та підвищують продуктивність бджолиних господарств.

# 1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ВІДСЛІДКОВУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПАСІЦІ В ПРОЦЕСІ МЕДОЗБОРУ

## 1.1 Основні засоби пасічного господарства

### 1.1.1 Інвентар, що використовується при роботі з бджолами

Захисна сітка для обличчя від укусів бджіл, або лицьова сітка (рис. 1.1), виготовляється з тонкої бавовняної тканини і тюлю у формі циліндра, який надягається на крилатий солом'яний капелюх. Вона також може бути зроблена у

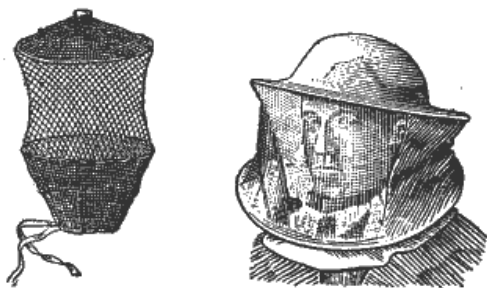


Рисунок 1.1 – Сітки для захисту обличчя

вигляді готової сітки-кепі. Щоб сітка не прилягала до обличчя, в неї зверху і знизу вшиваються дотові обручі. Нижній край сітки стягується шнурком, щоб вона щільно прилягала до шиї і бджоли не могли заповзти всередину. Сітки виготовляються з чорного тюлю. Крім тюлевих, у продажу є також металеві сітки [1].

Димар (рис. 1.2) призначений для створення димової завіси та заспокоєння бджіл під час розбирання гнізда. Корпус димаря складається з бляшаного циліндра і прикріпленого до нього міху. Усередині корпусу знаходиться другий (залізний) циліндр із ґратчастим дном; між його дном і дном корпусу створюється просвіт, а знизу зовнішнього циліндра прорізаний отвір, через який при стиску міху відбувається направлення струменя повітря. Димар закривається відкидною кришкою, у яку вставлені ґрати з круглими отворами. Кришка димаря має конусоподібну форму з отвором на кінці для виходу струменя диму.

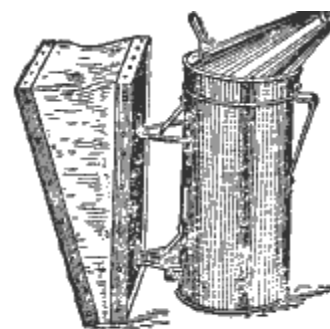


Рисунок 1.2 - Димар

Стамеска пасічна - невід'ємний і незамінний інструмент у роботі бджоляра. Вона використовується для розсовування рамок у вулику, видалення від них віска і прополісу, скоблення стінок, дна, фальців вулика тощо. За допомогою стамески як важеля, бджоляр відокремлює верхній корпус чи магазин від нижнього (рис. 1.3).

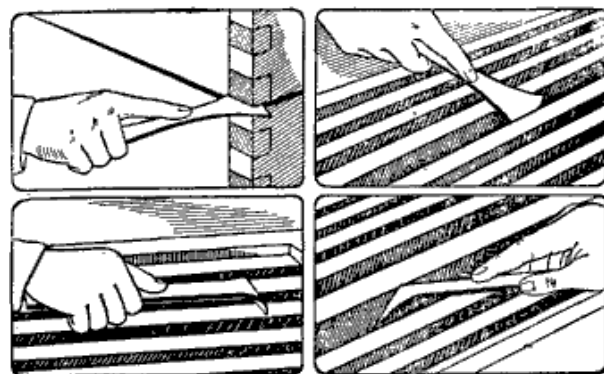


Рисунок 1.3 – Різні моменти застосування стамески

Щітка для змітання бджіл з рамок виготовляється зі світлого кінського волоса або щетини, оскільки темний колір може подразнювати бджіл. Волос або щетина мають бути щільно висаджені, інакше під час роботи бджоли можуть потрапляти в щілини і відчувати дискомфорт.

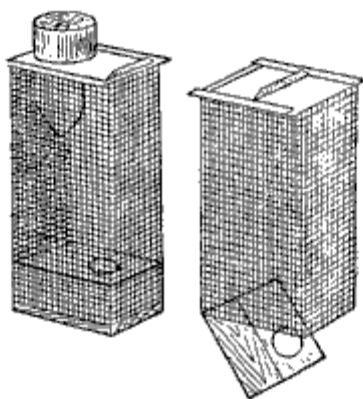


Рисунок 1.4 – Клітинка Титова – пуста і з маточником

Клітинки для маток використовуються для відокремлення матки або маточника від інших бджіл, особливо при їх виведенні та підсадженні. Найпоширеніша серед них - клітинка Титова (рис. 1.4). У цій конструкції всі чотири стінки виготовлені з дрітної сітки з вічком не більш як 3 мм, щоб забезпечити запобігання просовування бджіл через отвори. Зверху клітинка забезпечена бляшаною пластинкою з круглим отвором для розміщення маточника, який закривається металевою засувкою. У нижній частині є відкидний дерев'яний клапан, який в закритому положенні блокує нижній отвір клітинки. У клапані прорізаний круглий отвір, достатньо великий для проходу бджіл і матки. Цей отвір заповнюють кормом при посадці матки, наприклад цукровою помадкою чи сотовим медом, і закривають невеликою металевою засувкою.

Ковпачки, які використовуються для накривання маток на соті, мають круглу форму; іноді вони виготовляються з металевої сітки з плоским верхом [1].

Розділова або загороджувальна ґрати використовується у випадках, коли потрібно обмежити доступ матці до певної частини вулика. Вона зазвичай виготовляється з жерсті у формі листів розміром 448×250 мм з отворами шириною 4,4 мм і довжиною 28 мм. Через ці отвори без великого зусилля пропускаються робочі бджоли, але матки і трутні не можуть пройти через розділові ґрати.

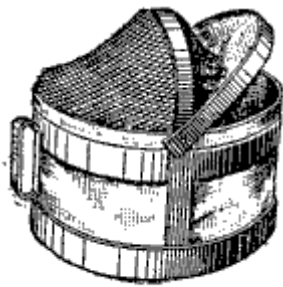


Рисунок 1.5 – Роївня  
Бутлерова

Роївня використовується для збирання і тимчасового зберігання роїв. Її зазвичай роблять з обичайки, надаючи їй округлої форми (рис. 1.5). У циліндричних роївнях обидва дна (глухе та окреме) мають сітчасті вставки для кращої вентиляції. До роївні прикріплюють гачок, щоб її можна було підвішувати під час збирання рою і зберігання його в приміщенні перед пересадкою у вулик.

Робочу шухляду виготовляють у формі табурета. Під час роботи на пасіці, переходячи від одного вулика до іншого, бджоляр повинен мати під рукою різноманітний дрібний інвентар і матеріали, такі як димар, стамеску, щітку, маткові клітинки, молоток, цвяхи, гнилушки для димаря, а також записну книжку. Все це зручно зберігати і носити із собою в спеціальній шухляді. Одне з відділень шухляди призначене для складання шматочків воску, які витягаються з вуликів, виламаних маточників і т.п., які після роботи перекладаються в сонячну воскотопку. Для перенесення шухляди у верхній її частині передбачено два вирізи для пальців. Завдяки такій шухляді можна оглядати гнізда бджіл сидячи [1].

Шухляду для перенесення рамок виготовляють на 6-8 рамок. Вона повинна бути легкою, зручною для перенесення і тимчасового зберігання рамок. Її виготовляють із фанери з відкидною кришкою. Біля верхніх країв обв'язки бічних стінок шухляди роблять фальци або прикріплюють планки для підвішування рамок. Для зручності перенесення до стінок шухляди прикріплюють зовнішню ручку.

На великій пасіці для перевезення рамок чи магазинів з медом до пасічної майстерні, а також для транспортування вуликів і інвентарю, необхідний пасічний візок. Зазвичай на пасіках використовують тачку або спеціальний візок.

Сходні для бджіл (рис. 1.6) можуть знадобитися під час посадки роїв, перегону родин тощо, а також взимку для кімнатного обльоту бджіл. Їх виготовляють із фанери шириною 50 см і довжиною від 75 см до 1 м; по краях фанери прибивають планки у вигляді бортиків. Край, що буде приставлятися до

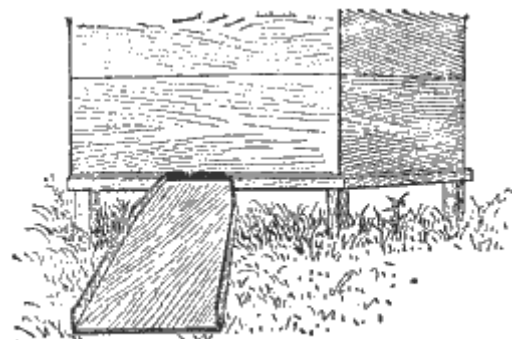


Рисунок 1.6 – Сходні

льотка вулика, роблять звуженим і без бортика. Ще краще замість суцільної фанери зробити дерев'яну раму і обтягнути її полотном. Це дозволить бджолам падати на м'яке пружне полотно замість твердої фанери під час струшування [1].

Льоткові загороджувачі від мишей використовуються на вуликах тільки восени й узимку. У металевій пластинці загороджувача виконані вирізи для проходу бджіл. Цей загороджувач легко можна виготовити самостійно з жерсті, вирізавши один край бляшаної пластинки у вигляді зубів пилки. Розміри вирізів становлять 6-7 мм у висоту і ширину.

Намет для огляду бджіл потрібно використовувати тільки у безвзяточний час. Він складається з легкого каркасу, три стінки і стеля якого обтягнуті марлею або покриті металевою сіткою, а четверту стіну, яка використовується для входу, прикривають марлею або іншим матеріалом.

#### 1.1.2 Поїлки і годівниці

Поїлка для бджіл (рис. 1.7) складається з дерев'яної бочки або металевого бачка з краном і довгої дошки, яку нахиляють до крана. На цю дошку прикріплюють поперечні планки або вирізають у ній зигзагоподібний жолобок.

Кран бака встановлюють таким чином, щоб вода текла на дошку тонким струмком. Повільно стікаючи по жолобку, вода нагрівається на сонці, і бджоли охоче її беруть. Окрім загальної поїлки, варто використовувати індивідуальні поїлки для подачі води безпосередньо у вулики (наприклад, пляшки з гнотами) [1].

Годівниці для бджіл існують у різних конструкціях. Незалежно від їх типу, годівниця повинна відповідати таким вимогам: 1) розміщуватися в найтеплішій

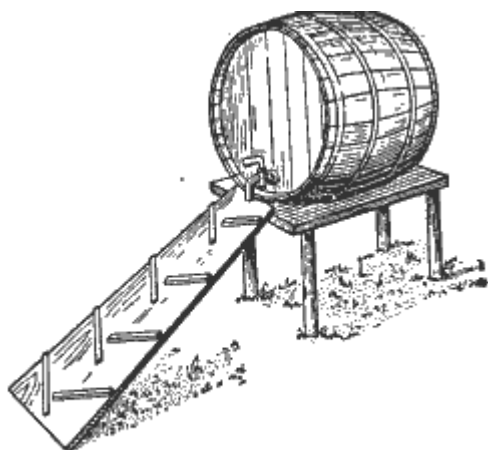


Рисунок 1.7 – Поїлка

частині вулика (над рамками або збоку гнізда); 2) мати достатню місткість, щоб за один раз можна було надати велику порцію корму – до 4 кг; 3) бути зручною у користуванні. Використання незручних годівниць може охолоджувати гнізда, турбувати або навіть травмувати бджіл, не кажучи вже про ризик масового потоплення бджіл у сиропі. На пасіках часто використовуються годівниці-шухляди, які встановлюються на рамки зверху гнізда, але більш зручними є годівниці-

рамки, що розміщуються у вулику збоку біля останньої рамки або за діафрагмою.

Годівниця-шухляда (рис. 1.8) представляє собою щільно збиту і з'єднану у фальц дерев'яну шухляду. У дні шухляди є вузька щілина (8-10 мм) для проходу

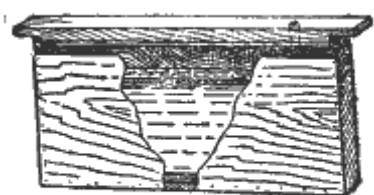
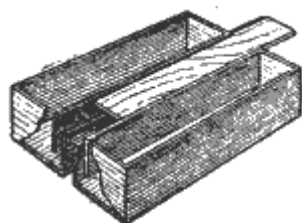


Рисунок 1.8 –  
Годівниця-шухляда  
та годівниця-рамка

бджіл від передньої до задньої стінки. Дві перегородки, не доходячи на 15-20 мм до верхнього краю годівниці, розділяють її на два незалежних відділення. Паралельно цим перегородкам усередині шухляди встановлюють додаткові перегородки для проходу бджіл до корму. Бджоли проникають через щілину в дні годівниці і через вузькі коридори (шириною 8-10 мм) добираються до корму, який наливають в обидва відділення. Годівницю встановлюють у вулик так, щоб щілина була поперек рамок, забезпечуючи доступ бджіл з декількох сусідніх вуличок. Такі годівниці мають ємність на 3-4 літри сиропу [1].

Годівниця-рамка (рис. 1.8) виготовляється зі звичайної гніздової рамки, яку обшивають фанерою, створюючи вузьку і глибоку шухляду. Щоб уникнути витоку корму, шви годівниці обливаються воском зсередини. Після наповнення сиропом годівницю закривають дерев'яним плотиком, і коли вона встановлена у вулику, корм можна підливати, не виймаючи плотика. Для зручності наливання корму (через лійку), у верхньому бруску рамки роблять наскрізний отвір.

У випадку відсутності спеціальних годівниць можна використовувати скляні бляшані або банки з-під варення, консервів тощо. Ці банки, які перед цим вимито, заповнюють цукровим сиропом або розведеним водою медом, покривають складеною в два ряди марлею або змоченим у воді шматком тканини і добре зав'язують шпагатом. Заповнені кормом банки, по одній або кілька одразу, розміщують у перевернутому положенні на верхній частині рамок над гніздом.

### 1.1.3 Метеорологічні прилади на пасіці

Для моніторингу погодних умов на пасіці, крім термометра, корисно мати такі метеорологічні інструменти, як флюгер, барометр і психрометр. Вони допомагають встановити, за яких умов температури і вологості повітря бджоли активніше відвідують різні рослини, як впливають на збір меду вітри різної сили та напрямку, а також наявність суховію та інші аспекти. Пасічник контролює параметри, зазначені на кресленні 01.00.

Флюгер (рис. 1.9) використовується для визначення напрямку та сили вітру. Цей прилад складається з металевого стрижня, який закріплений на стовпі або даху будинку таким чином, щоб він був відкритий для вітрів. На цей стрижень надівають муфту, до якої в горизонтальній площині прикріплюються 8 металевих стрижнів (4 великих і 4 менших), що утворюють так звану "троянду вітрів" (румбів) [1].

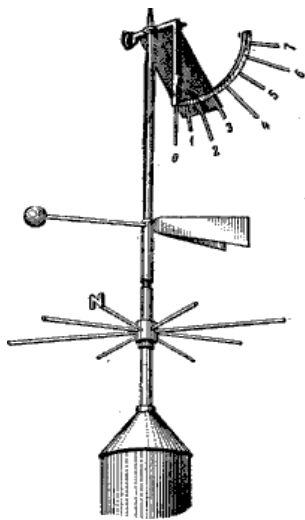


Рисунок 1.9 –  
Флюгер

На верхню частину основного стрижня флюгера надівається металева трубка, яка не доходить до муфти "троянди вітрів" і може вільно обертатися навколо основного стрижня. На верхню частину цієї трубки закріплюється нерухома рамка з дугою, що має 8 штифтів (позначених цифрами від 0 до 7 на малюнку). У середині рамки вільно рухається дощечка з листового заліза. У спокійну погоду дощечка залишається вертикальною проти штифта з номером 0; при зміні сили вітру вона коливається на рівні того чи іншого штифта, вказуючи на швидкість вітру.

У нижній частині трубки горизонтально закріплена флюгарка з металевим хвостовим оперенням з одного боку і масивною кулею – з іншого. Ця куля забезпечує стабільність флюгарки, а хвостове оперення повертає її точно проти напрямку вітру. Напрямок вітру визначається за положенням кулі на флюгарці відносно "троянди вітрів", оскільки вона завжди вказує у ту сторону, звідки дме вітер.

Барометри - це засоби для вимірювання атмосферного тиску існують у формі ртутних та металевих приладів.

Металевий барометр, відомий як анероїд (рис. 1.10), працює на простішому принципі. Він складається з герметично закритої коробки із тонкими стінками, в якій міститься повітря. При збільшенні атмосферного тиску ця коробка стискається, а при зменшенні тиску розширюється. Зміни в коробці передаються за допомогою важільних механізмів на стрілку, що рухається по циферблату. Цифри на циферблаті вказують відповідні значення тиску повітря, виражені в міліметрах ртутного стовпчика.

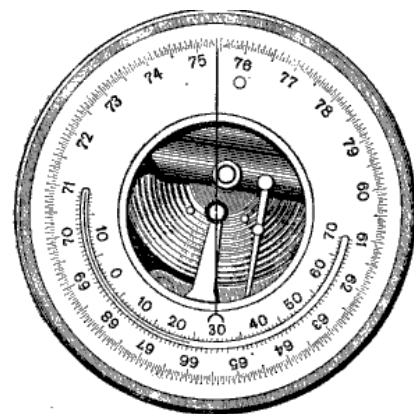


Рисунок 1.10 –  
Барометр-анероїд

Користуючись барометром-анероїдом, за положенням стрілки відносно шкали на циферблаті можна робити припущення про стабільність або майбутні зміни погоди. Різке падіння стрілки (рух її вліво) в більшості випадків вказує на можливість посилення вітру і опадів.

Психрометр - це пристрій, який використовується для вимірювання вологості повітря. Вологість атмосфери може відрізнятися, залежно від вмісту водяних парів у ній. При максимальному насиченні повітря водяними парами, зазвичай спостерігається дощ або утворення роси. Відрізняють абсолютну та відносну вологість. Відносна вологість виражається у відсотках і вимірюється за допомогою психрометра. У пасічницьких умовах психрометри застосовуються переважно взимку для визначення відносної вологості повітря в зимівниках.

## 1.2 Життя бджіл впродовж року

### 1.2.1 Весняний період життя бджіл

Взимку, близько за півтора місяці до виставки вуликів із зимівника, бджоли стають більш активними та життєдіяльними. Вони підвищують температуру вулика до 32-35°C, а матки розпочинають відкладання яєць [1, 2].

Спочатку матки починають відкладати дуже невелику кількість яєць, яку поступово збільшують, але у зимівнику вони не досягають великої активності відкладання. Кількість яєць значно зростає після виставки, особливо за сталої теплої весняної погоди, коли вулик наповнюється свіжим нектаром і пилом. Найбільш активне відкладання яєць, до 1500-1800 на день і більше, спостерігається у маток у першій половині червня. Пізніше активність відкладання зменшується, а в вересні припиняється. Осіннє відкладання яєць, зазвичай, триває довше у молодих маток, які були виведені у поточному році.

Під час виведення нового покоління бджіл у вуликах поступово відмирають старі особини. Навесні, приблизно через 1-1,5 місяці після виставки, вся популяція бджіл у вулику оновлюється. Тривалість життя зимуючих бджіл в значній мірі залежить від умов зимівлі, сили сім'ї та погодних умов у весняний період.

Швидкість розвитку бджолиних сімей у весняно-літній період залежить від багатьох факторів, включаючи початкову силу сім'ї, загальний стан післязимової активності матки, теплові умови у вулику, наявність достатнього запасу кормів (меду та перги), метеорологічні умови і відповідне надходження свіжого нектару та пилку до вуликів.

### 1.2.2 Роїння бджолиних сімей

Роїння є одним з природних проявів розмноження бджіл. Це процес, коли частина робочих бджіл разом з маткою відділяється від основної сім'ї, залишає вулик і формує нову колонію. Поява в сім'ї маточних клітинок і личинок є сигналом про підготовку до роїння. Сім'я, яка готується до цього процесу, демонструє знижену активність, атмосфера в ній стає менш напруженою. Матка

зменшує кількість відкладених яєць, і перед вильотом часто припиняє їх повністю. Робочі бджоли можуть погано будувати соти, менше виходити за пилюком, а іноді навіть висіти на прилітній дошці. У випадку погіршення погодних умов на кілька днів під час роїння, бджоли можуть розгризати маточники та знищувати личинки та лялечок. Однак при настанні сприятливого періоду бджоли зазвичай знову починають будувати нові маточники, і сім'ї можуть знову перейти у ройовий стан [3].

Перший рій, де ще діє стара матка, зазвичай вирушає після того, як починаються маточники. Це називається роєм-перваком. Роючі бджоли виходять з вулика і піднімаються в повітря. Після зльоту вони кілька хвилин плавають у повітрі, заповнюючи його звучним гомоном, що відрізняється від звичного звуку трудової активності на пасіці. Досвідчений пасічник може навіть на певній відстані, навіть не бачачи вихідного рою, точно визначити його на слух [2].

Матка виходить з льотка лише тоді, коли більша частина рою уже залишає вулик. Вона не поспішає з вильотом і, пройшовши увесь літний шлях, відлітає, щоб приєднатися до рою. Рій-первак зазвичай прищеплюється прямо на пасіці, вибираючи для привою гілку дерева, високу рослину або огорожу, і утворює велике гроно, яке стискається до нижньої частини. Якщо цей рій зібрати і пересадити в інший вулик, а потім розмістити в будь-якому місці пасіки, навіть поряд зі старим вуликом, бджоли швидко пристосовуються до нового місця і не повертаються в попередній вулик.

Якщо рій, який прищепився, не буде зібраний вчасно, то після деякого періоду нерухомості бджоли розсипаються, піднімаються в повітря і летять у згорнутій масі. Зупинити рій у повітрі не вдасться.

З роєм-перваком вилітає близько половини усіх бджіл, а часом і більше. Перед вильотом бджоли наповнюють свої хребти медом, що робить їх значно важчими. Середній вага добре сформованого рою становить 3-4 кг. Втрати бджіл у сім'ї, що відпустила рій, швидко компенсуються молодими бджолами, які щодня виводяться з вулика. Коли роївський стан завершується, молода матка, яка залишилася у вулику, після досягнення полової зрілості вилітає для спарювання з

трутнем. Після спарювання вона повертається до сім'ї і зазвичай вже на третій день починає кладку яєць.

Ступінь природного роїння відрізняється серед різних порід бджіл, оскільки інстинкт роїння проявляється більш виразно у деяких, а менш інтенсивно у інших.

Часто причина переходу бджіл у неробочий, ройовий стан може бути пов'язана з недбалістю у догляді за сім'єю. Своєчасне розширення гнізд, забезпечення ефективної вентиляції вулика для запобігання духоті та перенаселеності, а також відведення достатнього місця для відкладання яєць маткам і раціональне використання рамок для розведення розплоду, включаючи годування молодих бджіл, в значній мірі сприяють уникненню природного роїння бджіл. Бджолярі, які використовують природне роїння для розширення пасіки, зазвичай віддають перевагу лише першим роям, припиняючи формування наступних слабких роїв. Сучасні методи бджільництва виключають випадковість природного роїння бджіл і замість цього успішно використовують інстинкт розмноження для штучного роїння, тобто контрольованого розподілу сімей за бажанням людини.

### 1.2.3 Головний медозбір

Розцвітання медоносних рослин починається в ранню весну і триває аж до осені. Проте основну кількість меду бджоли збирають під час головного взятку - короткий період, коли в розпуску перебувають масиви основних, переважних у даній місцевості медоносів, таких як липа, гречка, біла конюшина, соняшник і інші. З правильного догляду за бджолами відомо, що під час цвітіння цих медоносів у сім'ях може накопичуватися до 60-80 тисяч робочих бджіл, і багато з них вилітають для збору нектару. В деяких регіонах може бути два або навіть три таких періоди з вираженим медозбором протягом сезону.

Перед початком основного збору меду інстинкт розмноження у бджіл здається позиції інстинкту нагромадження запасів корму. Під час основного збору меду головне завдання сім'ї полягає в тому, щоб зібрати якомога більше меду.

Кожну клітину, яка вивільняється після виходу розплоду, бджоли негайно заповнюють нектаром, що обмежує яйцекладення матки. У цей період вони гірше годують матку або взагалі не подають їй корму і менше уваги приділяють їй. Бджоли-годувальниці, звільнені від своїх прямих обов'язків, переключаються на інші види робіт і стають збирачами нектару раніше, ніж зазвичай. Молоді нелітаючі бджоли приймають нектар від збирачок, переробляють його в мед, випаровують вологу, активно провітрюють вулик, заповнюють клітини медом і закривають їх.

Під час основного періоду збору меду, в гнізді часто відчутна нестача клітинок для зберігання меду. Тому бджоларі розширюють обсяг вулика, встановлюючи додаткові надставки (магазини) або корпуси з порожніми стільниками. До завершення основного збору меду в гнізді накопичуються значні запаси меду, а кількість бджіл відчутно зменшується, оскільки багато з них передчасно вмирають або гинуть під час збирання меду. По завершенні основного періоду збору меду, матки знову розпочинають активне кладення яєць, і сім'ї вирощують нове покоління бджіл для забезпечення зимівлі. Як тільки завершується основний збір меду, бджоли виганяють трутнів. Восени і взимку трутні можуть залишатися лише в сім'ях з несплідними матками, безматочними сім'ями або в сім'ях зі старими матками [3].

#### 1.2.4 Осінньо-зимовий період життя бджіл

Зі зменшенням можливостей для збору нектару та початком осіннього періоду, бджоли зазвичай залишаються у вуликах або розглядають альтернативні джерела для забезпечення своїх запасів. Протягом осінніх днів, коли вже немає активного збору, матки поступово знижують темп кладки яєць, а з часом припиняють його повністю. Перед настанням зими, бджоли починають готуватися до холоду, заповнюючи щілини у вулику прополісом і іноді обмежуючи розмір льоткового отвору, залишаючи лише кілька вузьких проходів. Поступово, по мірі звільнення клітинок від розплоду в середині гнізда, бджоли частково наповнюють їх медом, переміщуючи корм з незайнятих країв рамок.

При температурі, яка знижується до  $+10...+12^{\circ}\text{C}$ , бджоли стають менш активними, менш рухливими і припиняють виходити з вуликів. Вони зближуються в середині гнізда і незабаром утворюють зимовий "клуб".

У місцевостях з теплою та короткою зимою бджоли часто залишаються на волі протягом зими. Але в районах з помірним та північним кліматом для зимівлі бджіл використовують спеціальні споруди, такі як зимівники або бджоляники. У цих утеплених приміщеннях, завдяки теплу, що виділяється бджолами, зберігається сталі температура від  $0$  до  $+4^{\circ}\text{C}$  протягом зими. Коли настає стійка холодна погода і замерзають водойми, такі як озера і ставки, вулики з бджолами переносять зимівник.

У період спокою, узимку, бджоли споживають досить невелику кількість запасів. Проте, наближаючись до весни, коли починається активна кладка яєць маткою і поява личинок, їх споживання меду зростає. В цей період бджоли витрачають більше меду для підтримки потрібної для розвитку розплоду температури у вулику. Зимовий клуб бджіл розташований нижче, на вільних ділянках стільників, ближче до льотка, і лише верхні шари бджіл контактують з запасами меду. Поступово, зі зменшенням запасів меду на стільниках, клуб бджіл починає переміщуватися спочатку вгору, а потім до задньої стінки вулика.

Квітковий мед майже повністю засвоюється організмом бджоли. Невеликі залишки неперетравленого корму залишаються в задній кишці бджоли протягом зими, де вони накопичуються. Тільки після виходу вулика з зимівника на весняне очисне обльоту бджоли вивільняються від калу. У випадку непридатного зимівля у неорганізованих зимівниках, особливо при використанні недостатньо якісного меду, кишечники бджіл швидко переповнюються калом, що може призвести до появи поносу. Це захворювання може призвести до послаблення сімей і, в деяких випадках, їх неспроможності пережити зиму. Слабкі сім'ї особливо чутливі до негативних умов зимівлі.

Вуглекислий газ грає значну роль у газообміні бджіл під час зимівлі. Дослідження проведені доктором біологічних наук Г. А. Аветисяном показали, що підвищення рівня вуглекислого газу та зниження кисню спостерігається у

гніздах бджіл під час зимового спокою. Це сприяє переходу сімей у стан зимового спокою, зменшуючи обмін речовин і економлячи корми. Ці дослідження мають важливе значення для практики. У разі перевтеплення гнізд та підвищеної температури в зимівниках, що призводить до підвищення температури в гніздах бджіл, рівень вуглекислого газу в повітрі навколо бджолиного клубу знижується. Це може призвести до розпаду клубу, збільшення обміну речовин і активності бджіл, що погіршує умови зимівлі. В той час, коли температура в зимівнику підтримується на нормальному рівні, а гнізда утеплені відповідним чином, бджоли формують більш щільний клуб, що призводить до збільшення рівня вуглекислого газу. Це дозволяє економити корми, знижувати енергію обміну речовин і, у кінцевому підсумку, створювати сприятливі умови для успішної зимівлі [4].

### 1.3 Контрольна сім'я

#### 1.3.1 Значення контрольного вулика

Контрольний вулик, який стоїть на вагах від початку сезону, від виставки до переносу бджіл у зимівник, є важливим інструментом для дослідження кормової бази. Для проведення контролю зазвичай вибирається одна з найкращих сімей у пасіці [5].

Щоразу, коли закінчується активність бджіл, ввечері вимірюють вагу контрольного вулика. Отримані дані про прибуток або збиток занотовуються в пасічний щоденник.

На основі записів ваги контрольного вулика можна створити графік взятку для різних періодів сезону: весни та початку літа, головного медозбору, після нього, а також за весь сезон в цілому.

Щорічне складання сезонної діаграми взятку та порівняння діаграм за кілька років може допомогти бджоляру в наступних аспектах:

а) визначення того, наскільки рівномірно розподіляється цвітіння медоносів протягом всього сезону;

б) виявлення наявності перерв у взятку, які повторюються щорічно, та встановлення часу цих перерв;

в) оцінка інтенсивності (сили) головного медозбору та одночасна перевірка наявності достатньої кількості медоносних рослин на пасіці протягом цього періоду;

г) визначення можливості подальшого збільшення числа бджолиних сімей на пасіці.

У деякі роки перерви у взятку можуть відбуватися не через відсутність медоносів, а через несприятливі погодні умови, такі як повернення холодів, проливні дощі, сильна посуха та інші. При аналізі діаграм ці фактори завжди потрібно брати до уваги.

Припустимо, що вдалося встановити, що після покосу лугів до цвітіння липи і гречки протягом 10–15 днів контрольний вулик показує щодня 0 – або ж відсутність ні приросту ваги, ні збитку, або ж лише збиток, за умови гарної погоди. Така зупинка в збиранні меду безперечно пов'язана з відсутністю квітучих медоносів. Бджоляр має врахувати цей факт при плануванні майбутнього та вирощуванні культурних рослин-медоносів таким чином, щоб їх цвітіння співпадало з цим періодом без збирання меду.

Аналогічно, якщо потрібно, можна покращити раціон для бджіл під час основного взятку і для збільшення чисельності бджіл восени.

Контрольний вулик на пасіці також дозволяє точно встановити моменти встановлення і збирання магазинів, а також визначити, коли витягувати мед. У період безвзяткових днів, важливо вагувати його, щоб з'ясувати, чи потрібно перевірити запаси кормів у гніздах і, за необхідності, підгодувати бджіл. У зимовий період володіючи контрольним вуликом можна слідкувати за споживанням запасів корму сім'ями.

На деяких передових пасіках проводять щоденне зважування не одного, а трьох вуликів – з сильною, середньою і слабкою сім'ями. У той час, коли сильна сім'я показує приріст ваги за добу, який може сягати декількох кілограмів меду, вулики зі слабкими сім'ями демонструють дуже невелике збільшення ваги (1 кг

або менше). Таке порівняльне зважування сімей, особливо в період головного медозбору, однозначно показує бджоляреві, наскільки важливо для медозбору мати сильні сім'ї. Крім того, систематичне зважування вуликів з сім'ями різної сили під час активного періоду життя бджіл допомагає бджоляреві краще планувати і здійснювати пасічні роботи. Зважування вуликів можна проводити на тих самих вагах увечері, після закінчення льоту бджіл.

### 1.3.2 Облік показань контрольного вулика

Для реєстрації вимірювань контрольного вулика відведено декілька останніх сторінок у пасічному журналі. Окрім цього, в цьому загальному журналі, який також відомий як щоденник пасіки, необхідно фіксувати температуру повітря, погодні умови та період цвітіння медоносів, які є загальними для всієї пасіки.

Температуру повітря реєструють тричі на день: о 7:00, о 13:00 та о 19:00 вечора. Термометр кріплять на північній (тіньовій) стіні пасічного будиночка. Стан погоди оцінюють за три параметрами: хмарність, опади та вітер. У відповідному розділі "Цвітіння медоносів" фіксують початок і кінець періоду цвітіння найважливіших медоносних рослин.

Отже, вивчаючи вище наведений матеріал, можна зробити висновок, що ручна праця в бджільництві відіграє провідну роль і має значно більше значення, ніж автоматизація та механізація виробництва. Мета цієї бакалаврської роботи полягає у вирішенні окремих завдань з автоматизації процесів виробництва продуктів бджільництва.

## 2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОГО ПРИНЦИПУ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ВІДСЛІДКОВУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПАСІЦІ В ПРОЦЕСІ МЕДОЗБОРУ

### 2.1 Стан автоматизації пасіки

У бджільництві велика увага приділяється ручній праці, оскільки автоматизація та механізація виробництва залишаються обмеженими. Незважаючи на те, що протягом півтора століття були впроваджені деякі механічні пристрої, які значно полегшили роботу бджоляра, багато операцій все ще потребують виконання вручну. Використання медогонок, механізованого витягування меду зі стільників та пасічних візків спрощує перевезення матеріалів, але багато процесів, наприклад, роздруківка стільників, залишаються поза межами повної автоматизації. До цього часу залишається значна кількість трудомістких і складних операцій, які доводиться виконувати бджолярам вручну. Це вимагає значного часу та додаткової робочої сили. Основний час витрачається на розбирання та огляд бджільної сім'ї, зазвичай цю роботу виконують удвох, незалежно від типу вуликів, за винятком лежаків і невеликих вуликів, таких як Роже Делона. Обслуговування багатокорпусних вуликів без допоміжника вимагає хорошої фізичної підготовки.

Розгрузка та завантаження, пов'язані з періодичним переїздом до медоносів, також мають значні фізичні навантаження. Щодо цієї проблеми ефективним рішенням є використання пересувних платформ і павільйонів. Однак цей підхід має свої недоліки, включаючи високу щільність сімей на обмеженій площі і значну вартість транспортних засобів, таких як причепа. Вулики, які застосовуються, були розроблені задовго до появи пересувних платформ і павільйонів і потребують вільного простору навколо себе для зручності експлуатації. На пересувних платформах такого простору немає, тому вулики розташовані без проміжків між ними. Це ускладнює застосування засобів автоматизації та механізації в таких умовах. Для використання на платформі

потрібен зовсім інший тип вуликів, які дозволяють висувати рамки горизонтально вбік, а не вертикально вгору. Однак, навіть у цьому випадку кількість роботи не зменшиться, хоча можливо буде обійтися без додаткової механізації. Використання платформ і павільйонів є прийнятним для бджолярів, у яких є невелика пасіка з 1-2 платформами. Проте важко уявити ситуацію, якщо хтось вирішить мати велику пасіку з 500-1000 сім'ями, розміщену повністю на платформах. Для цього йому знадобиться 10-20 причепів, передбачених під платформи, що потребує утримання цілого парку техніки, проходження техогляду та обов'язкового автострахування. Надіятися на те, що ДАІ буде завжди контролювати бджолярів та їх техніку, не доцільно. Економічно вигідніше мати один універсальний піднімальний пристрій і один напівпричіп.

Брак популярності серед бджолярів засобів автоматизації та обмежена механізація можуть бути пояснені тим, що у бджолярів була можливість обходитися і без них, завдяки конструкції вуликів та існуючій технології. Для них було простіше скористатися послугами помічника, ніж придбати або замовити вказані засоби.

У сучасних умовах, коли мікропроцесорна техніка стала широко поширеною і здешевліла, можливо створювати та використовувати прості, економічно доступні пристрої на базі мікропроцесорів для полегшення роботи бджолярів. Однак, розробка автоматизованих систем, які б забезпечували мінімальне втручання людини у складні біологічні процеси бджіл, виявляється складною задачею. Машину не можна налаштувати на такий рівень чутливості до процесів у бджолиній сім'ї, як це може робити досвідчений пасічник. Машині важко забезпечити достатню дбайливість та невідчутність при втручанні у життя бджіл, що пасічники вміють робити протягом багатьох століть.

Метою цієї бакалаврської роботи є вирішення конкретних завдань, пов'язаних із автоматизацією процесів у виробництві продуктів бджільництва.

## 2.2 Огляд способів контролю роїння бджіл

### 2.2.1 Природа роїння бджіл

На початковій стадії розвитку бджільної сім'ї вона набирає силу. Після досягнення сім'єю оптимальної сили у 2-2,5 кг (що відповідає приблизно 9-10 вуличкам), у ній з'являються вільні бджоли, які не залучені до вирощування потомства. При сприятливих погодних умовах ці бджоли можуть успішно використовувати взяток, що з'являється, або виділятися в нову сім'ю шляхом роїння. Це означає початок нового етапу розвитку бджільного вулика, який характеризується збільшенням чисельності бджіл, їх розмноженням і накопиченням запасів їжі.

На пасіках, де переважно присутні сильні бджільні сім'ї, що зимують на відкритому повітрі, цей період починається вже в початку травня або навіть на два тижні раніше, ніж у сімей, які зимують у приміщеннях. Зі зростанням чисельності бджіл у сім'ї з кожним днем зростає розрив між кількістю бджіл, що займаються годуванням, і кількістю бджіл, які відкладають яйця матки. Пропорційно до збільшення маси бджіл у сім'ї кількість потомства поступово зменшується. Чим сильніше стає сім'я, тим більше бджіл залишається без зайняття у вирощуванні розплоду.

У випадку, коли в природі на даний момент доступний достатній запас нектару, вільні бджоли переключаються на збирання нектару. Але якщо в цей період відсутній відповідний взяток через перерву у цвітінні або через негативні погодні умови, бджоли змушені бездіяти, що призводить до накопичення надлишку харчових ресурсів в їх організмі. Це може вплинути на їхній фізіологічний стан і провокувати сім'ю готуватися до процесу роїння.

Якщо спровокувати бджіл витратити надлишок харчових ресурсів і утримувати їхній фізіологічний стан на попередньому рівні, то роїння не відбудеться. Це можна здійснити, наприклад, завантаживши сім'ю молодим розплодом, отриманим від інших сімей або відводків, або залучивши їх до будівництва багатьох стільників із використанням рідкого сиропу. Також можна

змусити бджіл витратити багато енергії на обігрів гнізда, видаливши усі утеплення, включаючи холстики.

Перевищення харчових ресурсів є основною причиною виникнення роїв у бджільництві, але не єдиним фактором. До ряду інших чинників, які сприяють роїнню, відносяться невеликий розмір гнізда, перегрівання вулика на сонці, недостатня вентиляція, а також наявність старих стільників у гнізді. Частіше за інші роються сім'ї зі старими та неефективними матками.

Перед роїнням у бджільній сім'ї відбуваються значні трансформації. Середній фізіологічний вік бджіл скорочується, та в той же час, сім'я набуває великого потенціалу для продуктивної діяльності.

Потім настає період, коли сім'я готується до роїння. Зміни у фізіологічному стані бджіл призводять до відмінного від звичайного поведінки при зустрічі з маткою. Г.Ф. Таранов описував це явище так: "Бджоли у рої виявляють підвищену збудженість; деякі з них приєднуються до матки на її спині й починають трястися; інші бджоли, які утворюють рій, переслідують її. Кожна з роївочок, яка зустрічається на шляху, привертає увагу матки, і вона відкладає в них яйця".

Відкладання яєць у мисочки є сигналом про те, що сім'я переходить у роїловий стан. Після цього бджоли зменшують кількість корму, яку пропонують матці, її яєчники зменшуються за об'ємом, вага зменшується, повітряні мішки в черевці розправляються, що дозволяє їй літати.

Личинки, які розвиваються в маточниках, отримують виключно маткове молоко та після восьмого дня їхні камери запечатуються. За цей час практично весь розплід у сім'ї вже запечатаний, і багато бджіл, які відповідають за годування, залишаються "без роботи". Бджоли збираються групами поблизу стільників, зберігаючи надлишок харчових ресурсів у своєму організмі.

У бджолиному співтоваристві майже припиняється будівництво стільників та збирання нектару. Сім'я, мов би, відпочиває, зберігаючи свої сили для швидкого відновлення гнізда та накопичення запасів корму після роїння. Бджоли-розвідниці роїв усіма напрямками від оселі пошукують нове місце для оселення.

Вони перевіряють, очищають та захищають від інших бджіл дупла в деревах, порожні вулики, а також спеціально встановлені ловушки для уловлення роїв.

Наступає етап виходу рою. У другий день після запечаткування першого маточника сім'я випускає рій зі старою маткою. Перші рої дуже вразливі до погодних умов, тому вибираються на польоти лише в сонячні теплі дні між 10 і 13 годиною.

Рої виходять зі сім'ї під керівництвом бджіл-розвідниць, які виконують специфічні рухи на стільниках та випускають певні звукові сигнали, що стимулюють бджіл, готових вийти разом з роєм. Бджоли рою набирають у себе запаси меду в медовому шлунку і одночасно залишають своє житло, беручи з собою також матку. Мед необхідний їм для живлення під час перельоту та на новому місці проживання. Цього запасу меду вистачає на три дні.

Вихід рою триває від 3 до 10 хвилин. Остання група бджіл залишає вулик разом з маткою. Від 40 до 60% бджіл сім'ї вилітають разом з роєм. Піднімаючись у повітря, вони створюють урочистий та радісний гул, свідчаючи про народження нової сім'ї. Через кілька хвилин після вильоту на гілках дерев або кущів бджоли рою починають групуватися в невеликі групи. Матка приєднується до однієї з цих груп. Бджоли в цій групі розкривають спеціальні залози на черевці та виділяють у повітря речовину зі сильним запахом, що приваблює інших бджіл рою. Інші бджоли реагують на цей запах та сходяться до матки, утворюючи велике гроно рою.

На поверхні цього грона бджоли-розвідниці виконують специфічні рухи, які можна назвати танцями. Ці танці вказують напрямок і відстань до знайдених ними житлових місць, а також оцінюють їхню якість. Ті розвідниці, які виявили кращі умови проживання, танцюють більш енергійно. Вони привертають інших бджіл, рій відлітає і рушає до нового житла.

На полі рій може затриматися від кількох хвилин до кількох днів, залежно від наявності та відстані до нового житла для сім'ї. Зазвичай рої обирають більш віддалені місця для оселення і майже не звертають увагу на порожні вулики, які можуть бути поруч. Це приклад природної мудрості, яка запобігає схрещуванню родичів і зберігає різноманіття медоносних бджіл. Такий розселення також мінімізує ризик перенаселення бджолами, забезпечуючи сім'ям необхідний доступ до їжі.

Бджолярі збирають рої, які знаходяться на пасіці, і поміщають їх у спеціальні роївні, де вони перебувають до вечора в прохолодному місці. Щоб уникнути можливості, що зібраний рій полетить, його саджають у вулик пізно ввечері. У вулику розміщують стільники, рамки з вошиною, а також рамки з кормом і відкритим розплідом. Бджолярі використовують цей метод, розраховуючи на природну привабливість бджіл до розплоду, щоб утримувати рій на своїй пасіці. В іншому випадку багато роїв можуть залишити навіть найкращі вулики на пасіці і відлетіти до інших місць, які виявили їхні бджоли-розвідниці.

Бджолярі заселяють рій вуликів двома методами: через льоток і через верх гнізда. При використанні льоткового методу рій поступово виходить з роївни і спокійно спускається по спеціальних фанерних сходах, розташованих біля льотка. Бджоли послідовно піднімаються по цих сходах і входять у вулик через льоток. У випадку заселення через верх гнізда, рій виливають прямо на рамки і прикривають холстиком. Цей спосіб застосовується на великих пасіках, оскільки він є більш ефективним.

Після виходу першого рою з сім'ї залишається приблизно 40-60% бджіл різних вікових груп і значна частина розплоду, зокрема, печатаний. Поки дозрівають маточники, в сім'ї народжується багато молодих бджіл, і колонія знову набирає силу. До кінця шістнадцятого дня після кладки яйця в мисочку з'являється перша молода матка. Вона починає активно рухатися по стільниках і видає характерні звуки, на які відповідають інші матки, які ще залишилися в маточниках. Цей процес взаємодії маток бджолярі називають "спів маток". Молоді матки не випускають з маточників; замість цього, бджоли годують їх через прогризені отвори на кінці маточників. На восьмий день після виходу першого рою, або на другий день після народження першої матки, виходить другий рій з молодого неплідною маткою. Багато молодих маток приєднуються до цього рою, тому в одному рої можна знайти кілька молодих маток.

Бджолярі називають такі рої "вторакми". Вони виходять не лише в спокійні сонячні дні, але і відправляються у польоти навіть у вітряну чи хмарну

погоду. Втораки не тримаються на пасіці довго і часто відлітають, не зупиняючись навіть на момент.

Після відліту другого рою, сім'я відчуває значне ослаблення і, зазвичай, виходить із ройового стану. Проте, не виключається можливість виходу третього рою. У практиці бджільництва, щоб запобігти подальшому роїнню, бджолярі протягом трьох днів після відліту першого рою перевіряють сім'ю, що роїлася, і залишають тільки найкращого маточника, усі інші виламують. Однак роїння може припинитися і без втручання бджоляра, залежно від стану сім'ї, погодних умов і збірної сезону. У таких випадках бджоли самотійно розгризають маточників і допомагають молодій матці усунути конкурентів, які перебувають у маточниках.

Бджоли рою, коли їх пересаджують у вулик на їхній власній пасіці, майже не звертають увагу на попередню сім'ю, залишаючись у новому житлі. Вони швидко відновлюють стільники, вкриті лише бджолиними вощинами, і вкладають надзвичайні зусилля у збір меду. Проте не всі сім'ї переходять у ройовий стан. Рідше рояться ті, що мешкають у дуплах або великих вуликах, мають молодих маток з високим рівнем яйцекладки і отримують достатній взяток з сильних медоносів. Сім'ї, у яких перед роєм відбулася заміна старої матки на молоду, також не рояться. Бджолярі використовують усі можливі засоби для запобігання роєнню, використовуючи так звані протиройові методи. Сильний збір нектару може зупинити роїння, оскільки бджоли витрачають всю свою енергію на збір кормів, а не на розмноження, і внаслідок цього вони знищують маточники.

Взагалі, роїння завдає значної шкоди бджільництву. Воно відбувається в період цвітіння, коли сім'ї тимчасово припиняють збір нектару. Після роїння сім'ї стають слабкими, мають обмежений запас кормів і не забезпечують достатню кількість товарного меду. Природне роїння відбувається переважно в першій половині червня, коли настає активне цвітіння різнотрав'я. У цей період бджоли виявляють підвищений інтерес до збору меду, що стає їхнім основним завданням і направляє всю їхню подальшу діяльність. Вони поспішають запитися якомога більшим обсягом меду та перги для забезпечення себе кормами на зиму.

### 2.2.2 Значення природного роїння

Головний недолік природного роїння - його непередбачуваність. В одних роках може бути велика кількість роїв, в інших - майже жодного. Ройова гарячка, коли кілька сімей роються одночасно, може призвести до об'єднання їх у великі групи, де можуть потрапити навіть рої від сильних сімей, що призведе до втрати цінного генетичного матеріалу. У таких ситуаціях бджоляреві важко визначити походження рою, що порушує облік. Крім того, бджоляр може бути перевантажений збиранням роїв та видаленням маточників у цей період.

Зважаючи на всі негативні наслідки ройової гарячки, важливо уникати її. Деякі бджолярі регулярно видаляють маточники кожні шість днів, щоб запобігти роїнню. Однак така практика може забирати багато часу, не завжди бути ефективною і навіть призводити до падіння продуктивності бджолиних сімей. Якщо маточники виявлені у сім'ї, їх слід видалити. Рамки з вощиною і розплодом можна чергувати, а в багатокорпусних вуликах розплід може бути розміщений у всіх корпусах, з розташуванням третього корпусу між ними, де розміщені рамки зі штучною вощиною. Якщо ці заходи не дають результатів і маточники знову закладаються, може бути краще дозволити сім'ї відпустити рій. Також слід звертати увагу на вихід роїв, оскільки іноді вони можуть зацепитися на вершинах високих дерев, що ускладнює їх збір.

Природне роїння важливе з позитивного погляду. Воно забезпечує спадковість для сім'ї, з якої рій вийшов, і такі рої від сильних сімей є цінними для племінної роботи. Цей процес також сприяє ефективнішій племінній роботі на пасіці. Коли відбувається природне роїння, відбувається зміна маток. Протягом перших двох тижнів рій має підвищену робочу активність. За цей період один кілограм ройових бджіл збирає нектару і будує стільники приблизно у 2,0 - 2,5 рази більше, ніж кілограм бджіл зі сходженою сім'єю, яка знаходиться в робочому стані. Крім того, перший рій може відтворити стільники з бджолиними осередками навіть без штучної вощини, і якість цих стільників може бути дуже високою. Використовуючи позитивні аспекти природного роїння, бджолярі досягають високих результатів. На кресленні 02.01 наведено розподіл ознак ройового стану за класифікацією.

### 2.2.3 Візуальні ознаки роїння бджіл

Роїння можна визначити за тим, що бджоли збираються у групи в підрамковому просторі. Підготовка сім'ї до роїння зазвичай супроводжується зниженням активності бджіл і появою маточників. Якщо такі ознаки не помічені, причиною може бути перенаселеність у вулику.

Спостерігається різке зменшення кількості відкритих бджолиних стільників і збільшення кількості трутнів, а також початок кладки роїових яєць. Також помітне прискорене будівництво трутневих комірок за рахунок перебудови стільників і вощини, а також швидке освоєння матками відновлених комірок. У цей же час відбувається різке скорочення, а потім припинення відбудовування вощини. Крім цього, після появи яєць у роїових ячейках скорочуються контакти між бджолами і маткою для кормлення, і матка переходить на самостійне харчування медом і пергою. Вона припиняє кладку яєць і набуває здатність літати.

Роїння можна визначити спостерігаючи за поведінкою бджіл на прилітній дошці вулика, де сім'я планує вийти. У такому випадку можна помітити бджіл, які утворюють групи і гризуть поверхню дошки. На фарбованій дошці будуть видно чітко відгризені ділянки.

Іноді відбуваються випадки, коли у сім'ї з печатними роїовими маточниками виявляється стара матка, яка блукає по стільнику і видає звуки, подібні до тих, що видають сидячі у маточниках матки. Матка, яка заразиться яйцями, не може видавати звуки, оскільки збільшені яйцекладки стискають її повітряні мішки. Проте здатність видавати звуки може повернутися під час підготовки до роїння. У цьому випадку вона поступово припиняє яйцекладку, її яйцекладки зменшуються, а повітряні мішки розправляються. Зазвичай матка починає виражати звуки, якщо присутня хоча б одна зріла матка у маточнику.

Також можна визначити, що сім'я готується до роїння за активністю бджіл на прилітній дошці. Якщо бджоли стрімко вилітають з вулика та швидко повертаються, то сім'я працює в звичайному режимі. Однак, якщо багато бджіл бездіяльно сидять біля входу, а льотів мало, це свідчить про наближення роїння.

#### 2.2.4 Звукові ознаки роїння сім'ї

Існує метод визначення роївого стану, який базується на аналізі звукового середовища в бджолиній сім'ї. Для цього створюється спеціальна кришка для вулика, яка має форму чотиригранної піраміди з мікрофоном у вершині, розташованим на відстані півметра від бджіл. Бджоли знаходяться за сіткою і не можуть проникнути в конструкцію. Аналізуючи спектральний склад звуків у сім'ї, дослідники прийшли до висновку, що перед роїнням цей спектр змінюється. Зокрема, збільшується кількість звукових сигналів на частоті 240 Гц. Можливою реалізацією є встановлення мікрофону у воронці, що розташована вгорі рамок, на відстані 3 см від бджіл. Однак іноді виявлення цих змін у спектрі може бути складним. Ймовірно, це пов'язано з особливостями взаємодії мікрофону із бджолами. Зв'язок між типом спектру, усередненим за період часу, і роївим станом не завжди може бути очевидним. Однак цікавими є звуки окремих бджіл поблизу мікрофону, які можуть містити інформацію про їхню діяльність.

У пізній вечір, серед загального шуму, можна почути спів не-плодової матки, а також короткий тихий писк, явно не схожий на "спів матки". Проте наступного дня вийшов перший рій з плодовою маткою. Через певний час, слухаючи інші вулики, можна почути схожий звук, що вказує на можливе виходження рою. І справді, наступного ранку з цього вулика вийшов рій, також з плодовою маткою. Таким чином, можна відслідковувати звуки, які тривають протягом багатьох днів, і знову активізуються, перетворюючись на хор.

Для обробки цих звуків потрібна програма, яка здатна керувати пастками роїв. Ця програма має вміти розпізнавати звукові сигнали, що вказують на можливий вихід рою, і автоматично відкривати пастку, що встановлена на вулику, з якого виходить рій. Після виходу рою пастка повинна автоматично закриватися. Програма переключається на кожний вулик, записує звук, обробляє його та визначає, чи відбувається роїння. Якщо роїння спостерігається, запускається процес обробки роїв за допомогою пасток. Якщо роїння не відбувається, програма переходить на наступний вулик, і так далі, вулики (мікрофони) перемикаються по

колу. Система "Сторож роїв" дозволяє записувати всі оброблені звуки на жорсткий диск та вести щоденник роїв, які вийшли. Ця система налаштовується окремою підпрограмою "Настройка сторожа". "Настройка Сторожа" дає можливість встановлювати або знімати з прослушування вулики (від 1 до 20 штук) та налаштовувати параметри чутливості та інші характеристики роботи "Сторожа роїв". Також потрібно розробити програму для ручного перемикання між вуликами та тестування пасток.

"Сторож роїв" використовує спектральний аналіз звуку за допомогою швидкого перетворення Фур'є. Під час роїння спектр звуку зазнає змін, що проявляється різким зростанням інтенсивності звукових сигналів. Саме цей факт став ключовим для визначення виходу рою. Однак спектр звуку є результатом впливу багатьох факторів, таких як характеристики мікрофону, геометрія вулика, звук, що видавали окремі бджоли, що знаходилися близько до мікрофону і т. д. Чинники, які можуть впливати на спектр, можуть бути дуже змінними, таким чином, різні звуки, що знаходяться поблизу мікрофону, також впливають на його спектр. Щоб уникнути впливу цього фактору, необхідно відфільтрувати або значно ослабити загальний шум, що поступає до мікрофону, відокремлюючи його від звуків, що видаються близькими бджолами. Проте це завдання досить складне.

Розміщення мікрофону на відстані хоча б 30 см від бджіл створює складнощі у конструкції та підсилює зовнішні звуки, що також робить спектр нестабільним. У такій близькій взаємодії з бджолами спектр постійно змінюється. Щоб зменшити цю нестабільність, доводиться усереднювати його за часом, а це значно збільшує час, потрібний для розпізнавання. Великий час розпізнавання обмежує кількість оброблюваних вуликів. Одним із способів скорочення часу розпізнавання є підвищення чутливості, але це може спричинити появу помилкових спрацьовувань. Іншим варіантом є одночасна обробка всіх вуликів, але це вимагає значних витрат, оскільки потрібно одночасно вести запис звуку для всіх вуликів.

Для прослуховування звуків бджіл застосовується проста схема, яка показана на (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Схема для прослуховування вуликів

Програма на комп'ютері керує перемиканням мікрофонів через порт COM. Звуковий сигнал з мікрофонів подається на стандартну звукову карту через мікрофонний вхід. Комп'ютер записує звук в окремий файл для кожного мікрофону на жорсткий диск. Формат файлу - wav, з

частотою дискретизації 16 біт, частотою 8192 Гц і монофонічним звуком. Ширина смуги пропускання становить від 100 Гц до 700 Гц. Ця система працює як під дощем, так і під сонцем. Після тривалого дощу можуть з'являтися шуми, які зникають по мірі висихання проводів. При сильному вітрі можуть виникати шуми від потріскуючих проводів.

Мікрофон може бути розташований у трьох різних точках:

1. У верхній частині вулика під подушкою, у центрі. Подушка слабить зовнішні звуки, тому дуже чітко чути співаючу матку і окремі звуки бджіл. Однак бджоли можуть гризти коробку з мікрофоном, що створює шуми (тріск). Ця позиція ідеальна для визначення стану бджіл, але зі збільшенням кількості магазинів над гніздовим корпусом звуки стають менш чіткими. Коли магазини наповнені медом, звук стає дуже тихим.

2. У дні вулика, посередині. В цьому положенні звуки співаючої матки майже не чутні, оскільки бджоли забиваються на нижній площині, вентилюючи повітря. Проте при виході рою чути характерний гомін, який зазвичай властивий лише роїним сім'ям. При огляді вулика мікрофон, розташований в дні, не заважає.

3. Мікрофон розташовується під магазинами, над гніздовими рамками. Це ідеальне положення для визначення стану сім'ї, але потребує використання невеликого мікрофону з надійним захистом від бджіл і дроту для його підключення до вулика. При заміні мікрофону всі магазини доведеться видалити.

Практика свідчить, що оптимальне розташування мікрофону - в середині днища вулика. Для того щоб уникнути зіткнень з бджолами, його слід помістити в спеціальний отвір, виготовлений у дні вулика, і захистити пластиковою плівкою. Якщо більшість бджіл пролітають через нижнє віконце (що зазвичай і має місце), то вихід рою можна достовірно визначити за допомогою "визгу" рою, прослуховуючи його.

Звісно, варто розглянути методи уловлювання роїв. Одним з найпоширеніших є викидання рою з пристрою, в який він засідає. Проте при цьому методі не можна говорити про автоматизацію даного процесу.

Існує відома пастка, яка зображена на рис. 2.2 (креслення 02.03). Ця пастка навісна і прикріплюється до вулика за допомогою вірьовок з пружинами, які щільно стискають її до вулика. Вона складається з двох основних частин. Перша частина призначена для направлення рою, який виходить, у визначеному напрямку. Вона містить дверцята, які відкриваються за допомогою моторчика, і вузьку скриньку, яка використовується для підняття бджіл у другу частину пастки. Друга частина служить для накопичення бджіл рою. Вона складається з ящика, однією стороною оббитого сіткою. Бджоли не можуть пройти через цю сітку. Щоб ускладнити їм повернення назад до вулика, вони потрапляють у знімний ящик через воронку із сітки.

Контролер керує пасткою, визначаючи за звуком час виходу рою.

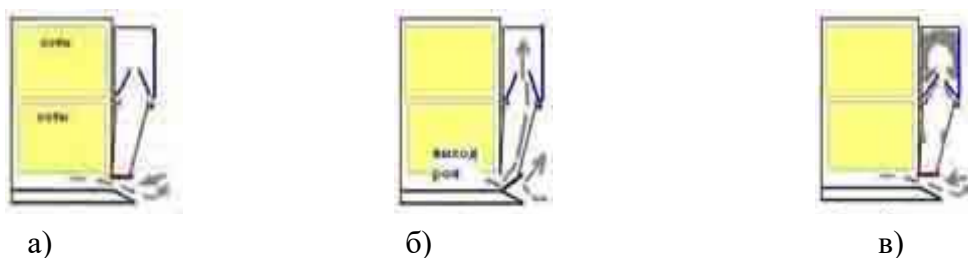


Рисунок 2.2 – Три стани пастки:

- а) пастка закрита, чекає рою, бджоли вільно літають;
- б) пастка відкрита, вічко перекрите, рій виходить в ящик;
- в) пастка закрита, рій в ящику, бджоли вільно літають.

## 2.3 Огляд методів визначення наповнення рамок медом

На сьогоднішній день найпоширенішим методом є огляд рамок медом для визначення їх наповнення (креслення 03.02). Досвідчений бджоляр зазвичай може достатньо точно оцінити, наскільки рамки заповнені, і прийняти рішення про відкачування меду. Також відомий метод контролю кількості меду у вулику та розподілу меду по корпусах вулика без використання вагів [5]. Цей метод передбачає встановлення провідних пластин на внутрішніх стінках корпусів вулика та вимірювання електричної ємності корпусного простору вулика спочатку без меду, а потім з медом. Зміна значення електричної ємності вказує на масу меду, яка визначається додатково за допомогою вагів. Результати вимірювань заносяться до таблиці відповідності або графіка, що дозволяє встановлювати кількість меду у кожному корпусі вулика та загальну кількість меду у вулику. Для підвищення чутливості методу провідні пластини конфігуруються таким чином, щоб утворювалися дві ємності, і вимірюється їх відношення.

Пристрій для вимірювання кількості меду у вулику має ємкісний перетворювач, який складається з двох провідних пластин, розташованих на протилежних бічних стінках вулика з внутрішньої сторони. Кожна пластина ізолювана одна від одної, а протилежні пластини з'єднані між собою екранованим провідником, який виходить з генератора. Ще дві пластини з'єднані окремими екранованими провідниками: один з них є входом підсилювача, а інший - виходом підсилювача. Цей ємкісний перетворювач і підсилювач утворюють інвертуючий підсилювач, чия вихідна сигнальна лінія пов'язана з входом пристрою випрямлення. Вихід пристрою випрямлення з'єднаний з першим входом диференціального підсилювача, а другий вхід останнього з'єднаний з виходом пристрою для установки нуля. Вихід диференціального підсилювача пов'язаний з входом вимірювального приладу. Екрани провідників заземлені, а шини пристрою установки нуля та шини живлення підсилювачів сполучені з виходами блоку живлення.

Для реалізації цього методу всі внутрішні стінки корпусів вулика покриваються електрично ізолюваними провідними пластинами або обклеюються

провідною фольгою. Дві пластини, що розташовані на протилежних стінках вулика, електрично з'єднані екранованим провідником. Інші дві протилежні пластини також з'єднані екранованими провідниками. У результаті у вулику формуються дві електричні ємності, позначені як C1 і C2. Виходи першої, другої і третьої ємностей, а також екрани виводяться на роз'єм. Суть методу полягає в тому, що ці дві ємності у вулику визначаються відношенням між ними, що дозволяє оцінювати кількість меду у корпусах вулика. Дія двох електричних ємностей, які утворюють ємнісний перетворювач, ґрунтується на такому принципі: між пластинами цих ємностей виникає електричне поле. У випадку, коли у вулику є рамки з медом, конфігурація цього електричного поля змінюється через відмінність діелектричних властивостей меду, повітря та бджолиних стільників без меду у вуличному просторі. Це призводить до зміни не тільки загальної ємності C1 і C2 (що змінюється незначно, до 1-3% залежно від кількості меду), але й їх відношення, через перерозподіл силових ліній між провідними пластинами, що формують ці ємності (одна ємність збільшується, а інша зменшується). Відношення ємностей C1/C2 в залежності від кількості меду у вулику може збільшитися до 300%. Отже, такий ємнісний перетворювач, порівняно зі звичайним (дві пластини на протилежних стінках вулика), дозволяє підвищити чутливість методу у 100 разів.

Пристрій для моніторингу кількості меду включає в себе ряд компонентів: генератор, блок вуликових конденсаторів, підсилювач, інвертуючий підсилювач, пристрій випрямлення, пристрій для установки нуля, диференціальний підсилювач, вимірювальний прилад та блок живлення.

Конструктивно вулик модернізується шляхом покриття внутрішніх бічних поверхонь його корпусів провідними пластинами. Кожна з цих пластин ізольована одна від одної. У випадку багатокорпусного вулика кожен корпус модернізується аналогічно першому, тобто дві протилежні пластини з'єднуються між собою екранованим провідником, який виходить на перший контакт роз'єму. До двох інших протилежних пластин також приєднуються екрановані провідники, що виходять на другий і третій контакти роз'єму. На четвертому контакті роз'єму приєднуються екрани провідників. Для кожного корпусу вулика розміщено

окремий роз'єм на його стіні, що дає можливість індивідуального контролю за наявністю меду у кожному корпусі. Блок вуликових конденсаторів працює у співпраці з підсилювачем. Для моніторингу кількості меду в кожному корпусі вулика з бджолами модернізований роз'єм корпусу підключають до пристрою контролю. Контроль розпочинають у випадках, коли в корпусах вулика мед відсутній. З цією метою вмикають блок живлення та встановлюють "Нуль" за допомогою пристрою установки нуля на вимірювальному приладі. Потім проводять вимірювання протягом одного і того ж фіксованого періоду часу.

Процес вимірювання кількості меду здійснюється наступним чином: змінна напруга  $U_{вх}$ , що надходить від генератора, подається на інвертуючий підсилювач, де збільшується у  $K$  разів, де  $K$  - коефіцієнт підсилення інвертуючого підсилювача, що рівний

$$K = \frac{\frac{1}{\omega C_2}}{\frac{1}{\omega C_1}} = - \frac{C_1}{C_2}, \quad (2.1)$$

$\omega = 2\pi f$ , де  $f$  - частота генератора.

Отриманий змінний сигнал випрямляється пристроєм випрямлення. Після цього отримується постійна напруга  $U_1$ , величина якої пропорційна коефіцієнту підсилення інвертуючого підсилювача

$$U_1 = |K| U_{вх} = U_{вх} \frac{C_1}{C_2}, \quad (2.2)$$

( $U_{вх}$  - змінна напруга на вході інвертуючого підсилювача). Ця напруга  $U_1$  подається на перший вхід диференціального підсилювача, тоді як на другий вхід вводиться регульована за допомогою пристрою установки нуля постійна напруга  $U_2$  від стабілізованого блоку живлення. На виході диференціального підсилювача формується напруга  $U_{ввих.d}$ , що пропорційна різниці між напругами  $U_1$  і  $U_2$ .

$$U_{ввих.d} = K_d(U_1 - U_2) \quad (2.3)$$

де  $K_d$  - коефіцієнт підсилення диференціального підсилювача.

При підготовці корпусу вулика з порожніми рамками (без меду), пристрій установки нуля налаштовується шляхом регулювання напруги  $U_2$  до вирівнювання з напругою  $U_1$ . При наповненні рамок медом відбувається зміна

співвідношення, що призводить до зміни напруги  $U_1$ . Як результат, на виході диференціального підсилювача з'являється диференціальний сигнал  $U_d = U_1 - U_2$ , який відображає кількість меду у вулику, і це вимірюється вимірювальним приладом.

Використання підсилювача допомагає уникнути впливу розподілених ємностей екранованих провідників, які з'єднують пластини ємностей  $C1$  і  $C2$ , що розташовані у вулику, з пристроєм для контролю кількості меду. Ємність екранованого провідника, що з'єднує генератор з однією з пластин ємності  $C1$  у корпусному просторі вулика, ефективно паралельна вихідному опору генератора і, отже, не впливає на вимірювальну схему пристрою для контролю кількості меду. Ємність екранованого провідника, що з'єднує  $C1$  і  $C2$  з інвертуючим входом підсилювача, практично не впливає на його роботу, оскільки інвертуючий вхід підсилювача завжди знаходиться під нульовим потенціалом, тобто він є еквіпотенціальним з екранованим провідником. Ємність екранованого провідника, який з'єднує ємність  $C1$  з виходом підсилювача, фактично паралельна його вихідному опору, і теж не впливає на функціонування схеми пристрою для контролю кількості меду у вулику. Таким чином, ємності з'єднуючих екранованих провідників, навіть якщо вони перевищують ємності самого ємнісного перетворювача  $C1$  і  $C2$ , не впливатимуть на роботу вимірювальної схеми і не знизять її чутливість.

Отже, застосування цього методу контролю кількості меду у вулику дозволяє виміряти мед без необхідності використання вагів.

Удосконалення корпусів вуликів не є значною, проте дозволяє скористатися портативним, простим та економічним пристроєм для контролю кількості меду в кожному корпусі вулика. Це суттєво знизить зусилля, потрібні для пасіки, оскільки зараз вимірювання кількості меду у вулику перед зимівлею потребує розбирання бджолиного вулика та інспекції кожної рамки. Оскільки вага кожного вулика індивідуальна, використання ваг на кожному вулику складне, що робить контроль ваги на великій пасіці дуже важким. Використання ваг для контролю кількості меду, яку збирає бджолина сім'я, дозволяє оцінити лише приблизну кількість меду. Нерівномірне наповнення медом вуликів та відсутність індивідуального контролю за приростом меду ускладнюють планування відбору меду у найсильніших сімей. Через

це мед відбирається одночасно з усіх вуликів пасіки, що має вплив на його якість. У вуликах, де пчелосім'ї відстають, мед може бути недостатньо дозрілим, що примушує ці сім'ї витратити багато часу на видалення медяних стільників та відновлення порядку у вулику. Це відволікає їх від праці на збиранні нектару, особливо якщо день має бути плідним. Як результат, бджоляр може не зібрати необхідну кількість меду.

Також існує метод контролю кількості меду у вулику, який включає періодичне вимірювання ваги вулика за допомогою вагів.

Для визначення маси меду потрібно моніторити загальну вагу вулика разом з медом та бджолами, що надає комплексну оцінку маси меду. Цей метод включає розміщення вулика на вагах і вимірювання загальної маси разом з сім'єю. Збільшення маси меду під час збору визначається збільшенням загальної маси вулика або зменшенням, якщо вага вулика без меду зменшилася. Цей процес відзначається складністю та значними трудовитратами, і не надає можливості контролювати розподіл меду між корпусами вулика. Проте перевагою цього методу є простота використання пристроїв для ваги, особливо в умовах доступності недорогих датчиків ваги.

Деякі пасічники рекомендують використовувати для вимірювання ваги



Рисунок 2.3 – Підставка під ваги  
ВБН-120

контрольного вулика звичайні побутові підлогові ваги ВБН-120, які встановлюються в спеціальну підставку, що складається з основи та кришки (рис. 2.3).

Підставка розміром (520×520 мм) може бути сконструйована з фанери товщиною 15 мм. В середині підставки вирізано гніздо розміром (209×269 мм), для цього використані планки розміром (14×40 мм), в яке встановлюються ваги.

Зазвичай кришка для підставки має розміри (520×520 мм) і виготовлена з

фанери товщиною 10 мм. Периметр кришки обрамлений рейками розміром (20×70 мм), які з'єднані між собою в шпильку у кутах (рис. 2.4). У самій кришці, на відстані 144 мм один від одного, знаходяться два силові бруски розміром (36×40 мм). Вони спираються на бічні краї верхньої частини вагів і передають вагу вулика. Над шкалою вагів, в пази між брусками, вбудовано дзеркало розміром (55×150 мм), під кутом близько 43°.

Між підставкою та кришкою є проміжок завширшки 8 мм, який призначений для вставки клинів після зважування вулика. У кришці підставки, навпроти регульовального колеса вагів, розташовано вікно розміром (30×60 мм), через яке можна встановити шкалу на нуль.

Ваги використовуються протягом усього сезону для зважування вуликів перед їх перенесенням до зимівника та під час розміщення на точках для виставок. За зиму середня маса вулика зменшується на 4–5 кг (деякі сім'ї можуть витратити до 8 кг корму). Якщо спостерігається значне зменшення маси, необхідно візуально оцінити залишок запасів.

Точність зважування становить приблизно 0,5 кг, що є в достатньо достатнім. Протягом дня шкала добре видна незалежно від погодних умов, хоча вночі може знадобитися ліхтарик. Навіть за допомогою таких простих ваг, контрольний вулик дозволяє вести моніторинг збору меду, передбачати потребу в розширенні гнізд і виконувати всі інші процедури по догляду за бджолами.

Отже, при створенні системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору потрібно знаходити розумний баланс між високою ефективністю роботи та простотою технічної реалізації.

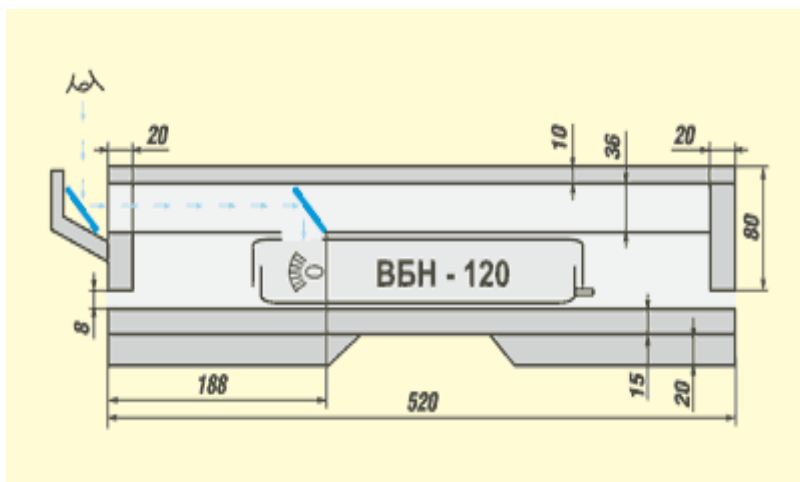


Рисунок 2.4 – Схема підставки з вагами ВБН-120

### 3 ОПИС ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНИХ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ ВІДСЛІДКОВУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПАСІЦІ В ПРОЦЕСІ МЕДОЗБОРУ

#### 3.1 Розробка структури системи керування комплексом технічних засобів виробництва продуктів бджільництва

Структура системи керування комплексом технічних засобів для виробництва продуктів бджільництва (КТЗ) формується насамперед виходячи з типу об'єктів керування, характеру процесів, що в них відбуваються, та їхньої взаємодії. Основними об'єктами в складі КТЗ є технологічне обладнання, об'єднане в осередки, транспортні системи та склади. Всі ці об'єкти мають визначену ієрархічну підпорядкованість і функціонують як єдиний комплекс. Тому структура системи керування комплексу також має ієрархічну природу, включаючи кілька рівнів керування [4-5].

На нижньому (першому) рівні цієї системи знаходиться керування коміркою, яке організується за допомогою спеціальних пристроїв, що координують початок і кінець виконання окремих операцій або використовують додаткову інформацію про хід технологічного процесу. Основою цього рівня є програмне керування, що включає канали зв'язку з обладнанням і вищими рівнями керування. Нині цей рівень реалізується за допомогою уніфікованих пристроїв керування (ПК) та основного технологічного обладнання.

Другий рівень керування - це рівень, на якому системи керування окремими комірками з'єднуються і координуються відповідно до працюючої ділянки чи лінії. Цей рівень часто реалізується за допомогою міні-ЕОМ. У розвиненому варіанті на цьому рівні може здійснюватися автоматизований синтез програм функціонування комірок. Ефективність використання стандартних міні-ЕОМ на даному рівні пояснюється наступними факторами:

- 1) можливістю автоматизації технологічної підготовки виробництва, скороченням часу розробки програм і їх швидким коректуванням;

2) підвищенням надійності передачі інформації за рахунок усунення проміжних носіїв (магнітні стрічки, перфострічки) та пристроїв для зчитування інформації з них (магнітні головки, фотозчитувачі);

3) автоматизацією обліку показників технологічного процесу (час обробки, точність тощо) і контролю технологічних режимів.

Наступним за складністю типом комплексу технічних засобів є пасіка. Відповідно, система керування КТЗ пасіки утворює третій рівень керування, який здійснює координацію роботи КТЗ нижнього рівня, складів і пасічних транспортних систем. Цей рівень також реалізується з використанням ЕОМ.

Четвертий рівень - це рівень оперативно-календарного планування і контролю. На цьому рівні складаються плани щодо обсягу та номенклатури робіт на зміну, добу, тиждень тощо. Як окремі підсистеми, до складу четвертого рівня входять підсистеми діагностики та усунення несправностей КТЗ.

Таким чином, у розвиненому вигляді система керування КТЗ включає чотири рівні керування. Структурна схема цієї системи представлена на рис. 3.1.

Алгоритм функціонування системи керування комплексом технічних засобів виробництва продуктів бджільництва показано на рис. 3.2.

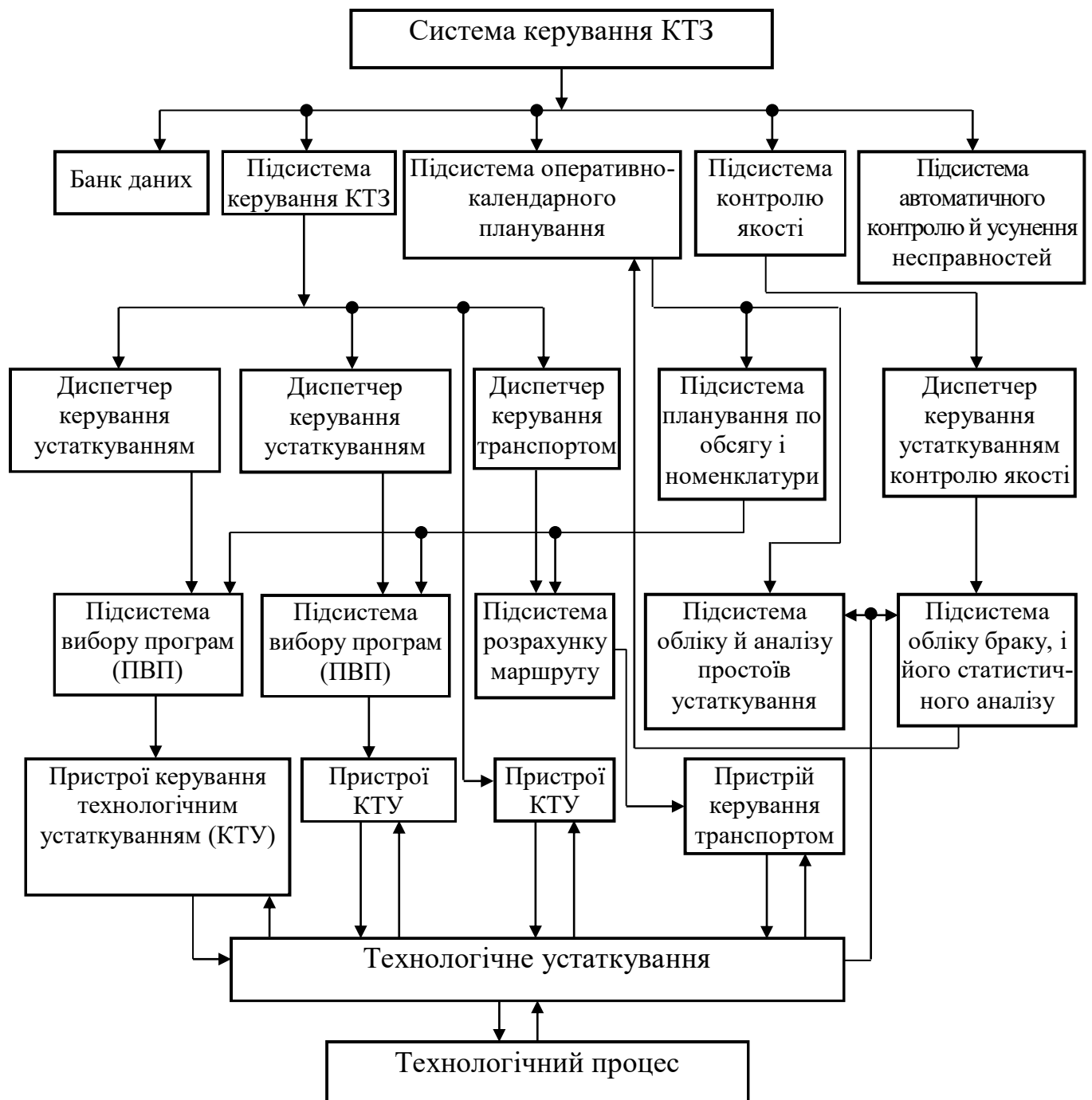


Рисунок 3.1 - Структура системи керування КТЗ



Рисунок 3.2 - Алгоритм роботи системи керування комплексом технічних засобів виробництва продуктів бджільництва

## 3.2 Розробка структури системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору

### 3.2.1 Зважування вуликів

Наявність контрольних вагів на пасіці сьогодні є майже обов'язковою умовою як для постійно кочівної, так і для стаціонарної пасіки (креслення 03.01). Вони допомагають грамотно організувати процес збору нектару та ухвалювати своєчасні рішення. Ще більші можливості для прийняття оптимальних і ефективних рішень надають дані про вагу кожного вулика. Якщо контрольні ваги надають орієнтовні дані приросту для всієї пасіки, то зважування кожного вулика дозволяє отримувати точні добові дані приросту як для всієї пасіки, так і для кожної сім'ї окремо. Це дає змогу отримувати непряму інформацію про розвиток кожної сім'ї, наприклад, визначати ройовий стан. За допомогою порівняльного аналізу зміни ваги кожного вулика за певний період часу вперше стає можливим з високою ймовірністю визначати наявність ройового стану конкретної сім'ї без огляду сімей і своєчасно вживати попереджувальних заходів. Сім'я, яка "планує" роїтися найближчим часом, різко знижує свою активність у зборі нектару, і ця зміна ваги має бути помітною на тлі стабільного приросту в інших благополучних сім'ях. Це є вищим рівнем технології бджільництва порівняно з минулим. Застосування цього методу для визначення ройового стану стримувалося кількома факторами, перш за все через відсутність необхідності (у традиційних технологіях бджільництва ройовий стан визначається візуально при повному огляді сімей), а також через вартість вагів. До недавнього часу основними контрольними вагами, що використовувалися на пасіці, були механічні ваги марки РП-150Ш-13 на 100-150 кг, і оснащення всіх вуликів такими вагами було неможливим через їх високу ціну. Наразі у продажу з'явилися сучасні електронні ваги з цифровою індикацією, а також різні системи телеметрії для контрольного вулика на пасіці. Вони мають високу точність і компактні розміри, але, на жаль, є ще дорожчими за механічні (не менше 200-300 доларів). Для бджолярів прийнятною була б вартість вагів на рівні 60-100 грн за один вулик, що еквівалентно вартості 3-літрової банки меду.



Рисунок 3.3 – Електронні ваги

Одним із варіантів розв'язання цієї проблеми є використання одних переносних підвісних електронних вагів для всієї пасіки, наприклад, таких, як наведені на рис. 3.3.

Як опору для зважування можна використовувати підйомник, що застосовується для розбирання вуликів зі зміщеними рамками, встановивши ваги так, щоб вони зважували вулик разом із супорт-захватом. Таким чином, висока вартість таких вагів, розподілена на всю пасіку залежно від кількості вуликів, буде в межах допустимого.

Ці ваги, розраховані на вантажопідйомність 300 кг, мають два автоматично вибраних піддіапазони вимірювань, живлення від трьох елементів типу АА і "сплячий" режим живлення з автоматичним увімкненням при підвішуванні вантажу. Мінусом є неможливість автоматизувати цей процес та відносна трудомісткість зважування, проте це значно простіше, ніж регулярний огляд усіх сімей для визначення ройового стану бджіл.

Іншим способом вирішення цієї проблеми можуть бути гідравлічні ваги (рис. 3.4), де в якості вимірювального інструменту (індикації) використовується манометр. Вони є значно простішими, доступними для виготовлення навіть в домашніх умовах, і мають невелику вартість, але їх точність і чутливість суттєво відрізняються від решти ваг (300-500 г).

Однак, щоб використовувати ці ваги з високими багатокорпусними вуликами, потрібно додатково оснастити їх стабілізуючими важелями 7, які забезпечуватимуть стійкість вулика, запобігаючи його нахилу і перекиданню. Ці важелі мають конструкцію типу "ножиці", або можуть використовуватися інші технічні рішення з тим же призначенням. Це значно ускладнює просту конструкцію і знижує їх чутливість, але такі ваги можна легко модернізувати на електронні у майбутньому.

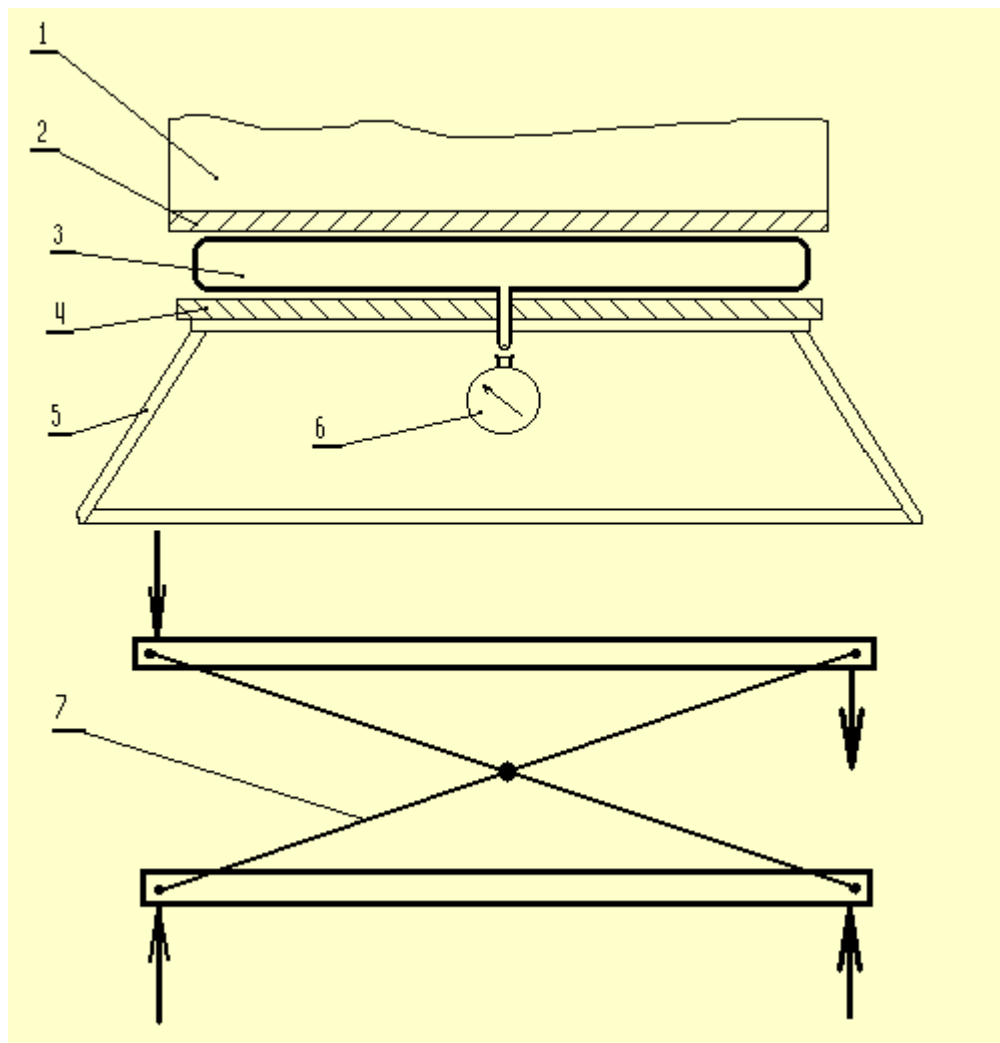


Рисунок 3.4 – Гідравлічні ваги

1 – дно вулика; 2 – верхня платформа вагів; 3 – робоча камера-датчик ваги; 4 – нижня платформа вагів; 5 – підставка вулика; 6 – манометр; 7 – стабілізуючі важелі, що сполучають платформи.

Проте, для невеликої пасіки на сьогоднішній день найбільш оптимальним і переважним варіантом є (див. рис. 3.5, слайд 03.03). Ці ваги відрізняються низькою вартістю та простотою виготовлення. Їх легко можна модифікувати для використання електронних компонентів, що надає можливість повної автоматизації процесу зважування вуликів, запису цих даних у комп'ютер, їх аналізу та, у необхідному випадку, передачі термінових повідомлень на великі відстані. Платформи ваг виготовляються з дерева та будівельної ДСП, а манометр можна замінити на електронний датчик тиску, щоб отримувати дані у цифровому форматі, подібно до сучасних медичних тонометрів. Виготовлення робочої камери самотійно не складне. У таких вагах абсолютно відсутні складні

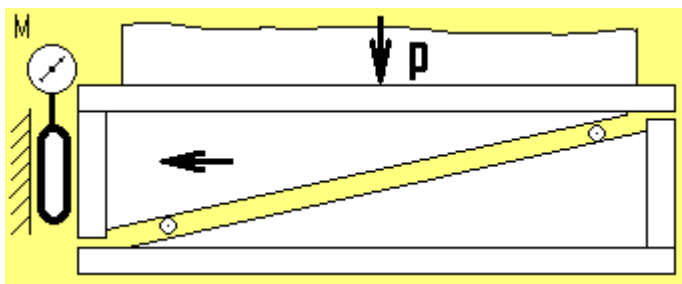


Рисунок 3.5 – Конструкція вагів на основі клинового домкрата з одним датчиком ваги

стабілізуючі пристрої, і вони мають мінімальну кількість металевих деталей (таких як ролики та направляючі жолоби). Процес зважування вуликів схожий на вимірювання тиску в автомобільних шинах. Для тих, хто має намір комп'ютеризувати свою пасіку та

спростити роботу, важливо використовувати електронні ваги. На початковому етапі можна обладнати ці ваги простими гідравлічними датчиками (робочою камерою) та одним манометром для всієї пасіки. Якщо є побутові електронні підвісні ваги на 10-15 кг з точністю вимірювання 5-10 г, то їх також можна використовувати (одні ваги - одна пасіка), і їх дуже легко можна пристосувати до потрібних умов, не потрібний буде навіть підйомник. Треба лише додати простий і невеликий (~0,5 кг) пристрій до підвісних ваг. Заміна електронних ваг пружинними (механічними) безміновими циферблатами можлива, але менш приваблива у цьому випадку через їх меншу точність вимірювання. Однак, коли на ринку з'являться дешеві електронні датчики ваги (по 10-15 доларів), їх можна буде легко встановити під всі вулики або взагалі обійтися без будь-яких додаткових конструкцій. Тоді можна буде скористатися простими по конструкції стаціонарними електронними вагами, вбудованими в днище вулика, з можливістю підключення до телеметрії. Повністю автоматизована система на базі таких стаціонарних електронних датчиків зможе самостійно збирати інформацію про вагу кожного вулика (наприклад, кожні 15-30 хвилин) і виконувати кілька функцій одночасно, включаючи сторожову і сигналізаційну функції для виявлення роїння або несанкціонованого доступу до вулика. Це, фактично, багатофункціональна телеметрія для всіх вуликів на пасіці на основі лише одного параметра - ваги. Така система буде популярною та вигідною лише тоді, коли не буде потреби в регулярному розширенні гнізд і огляді, а це можливо лише за умови застосування нової технології альтернативного бджільництва. Така технологія забезпечить рентабельність і розвиток бджільництва

шляхом використання різноманітних датчиків і приладів, що дозволить здійснювати діагностику стану сімей та сприятиме розвитку галузі.

Навіть якщо лише 2-3 з вказаних функцій будуть активовані, це все одно буде важливим кроком у напрямку комп'ютеризації пасіки. Крім того, не слід виключати значення контролю теплового режиму у вулику і аналізу звуків, що випускають бджоли.

Проте важко розглядати ваги, що використовують відносно дорогі гумотехнічні тканини, як прості виготовлення, доступні кожному бджоляру. Крім того, у такій конструкції використовуються прості металеві деталі, які, проте, вимагають токарних операцій та захисту від корозії, що не є доступним для всіх. Заміна однієї великої гумової камери (45×45 см) на чотири менші камери (15×15 см) з дешевих полімерних матеріалів суттєво спрощує конструкцію таких ваг. При такому підході не потрібно використовувати важелі або рухому платформу на роликах для стійкості високих вуликів. Слід зазначити, що запас міцності камери з гумовою тканиною на багато перевищує всі реальні потреби, що може призвести до зайвих витрат. Як матеріал для виготовлення камери можна використовувати поліетиленову плівку або готові пакувальні мішечки. Основна проблема полягає в правильному виборі полімеру, якісному зварюванні швів камери та виготовленні соска.

Використання цієї камери має наступні результати:

- точність вимірювання становить 45-50 грамів (1 міліметр - 100 грамів);
- номінальне навантаження становить 35 кілограмів;
- мінімальний запас міцності камери (на розрив) складає 2-кратне значення;
- маса вагів становить 9 кілограмів;

Мій наступний крок - це розробка електронного датчика для цих вагів. У майбутньому це буде виглядати наступним чином: на пасіці всі вулики будуть розміщені на вагах, як візуальний індикатор приросту використовується цифровий мультиметр або, в крайньому випадку, стрілочний комбінований прилад. Один загальний стаціонарний акумулятор включається вручну лише один раз під час повного циклу всіх вимірювань. На кожному вулику є плата датчика і одна

мікросхема. Вони працюють послідовно з певною затримкою за часом, наприклад, кожні 3-5 секунд. По суті, відбувається послідовне включення живлення від загальної шини до кожного вулика, що активує конкретний датчик (незважаючи на те, що всі вони жорстко підключені до одного приладу через загальну шину). Бджоляру залишається вчасно фіксувати показання приладу (необхідно обходити всю пасіку з журналом), а потім переносити ці дані в комп'ютер. Спеціальна програма проаналізує всі введені дані і надасть підсумкові висновки у формі добового балансу, графіків, діаграм та рекомендацій для кожного вулика і всієї пасіки в цілому. Цей напівавтоматичний режим можна використовувати до тих пір, поки не з'явиться більш зручна система контролю за вагою вуликів. У поєднанні зі спектральним аналізом звуку це надає бджолярам серйозний діагностичний метод для передбачення стану сімей без потреби у внутрішньому їх огляді.

### 3.2.2 Сигналізатор виходу рою

Якщо спостерігати під час виходу рою, зазирнувши в нижню частину вулика через маленьке віконце, можна спостерігати цікаву картину. Бджоли, немов у випадку пожежі, поспішають всі з вулика. Вони літерально виливаються з рамок на дно вулика, де швидко утворюється досить велика купа бджіл об'ємом 200-250 мл. Розглядаючи, що кожна бджілка виходить завантажена (100 мг), отримуємо, що вага цієї купки бджіл складає не менше 20-25 г. Ця обставина заохочує розглядати цей факт як основний чинник, що спрацьовує для сигналізації про рій. За основу прийнято принцип капкана або мишоловки. В цій роботі буде використана проста конструкція, наведена на рис. 3.6 (креслення 02.02).

У простій кінематиці є наступні складові: 1 – льоток; 2 – майданчик; 3 – клямка; 4 – мікро вимикач; 5 – сигнальний прапорець; 6 – пружина. Принцип дії такий: майданчик під тиском бджіл під час роїння опускається і відпускає клямку. Пружина викидає прапорець і натискає на мікро вимикач, що активує сигнал на контрольному пункті. По опущеному прапорцю визначається сім'я, яка випустила рій (якщо роїння сталося під час відсутності пасічника). Обов'язкова умова: висота від дна до нижнього бруска рамок не менше 100-120 мм. Вага активації 15-20 грамів.

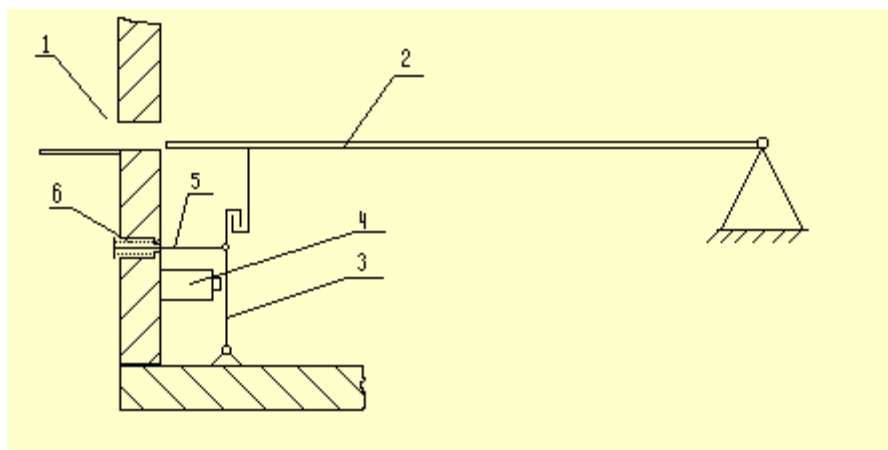


Рисунок 3.6 – Конструкція сигналізатора виходу рою:  
1 – льоток; 2 – майданчик; 3 – клямка; 4 – мікро  
вимикач; 5 – сигнальний прапорець; 6 – пружина

### 3.3 Розробка та опис схеми функціональної системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору

На основі вищезгаданого матеріалу можна створити функціональну схему розроблюваної системи. На кресленні 04.01 ця схема включає наступні компоненти: датчик ваги вулика, датчик виходу рою; погоджувальний блок (масштабуючий підсилювач), який адаптує сигнал з датчиків до рівня, прийнятного для введення в мікроконтролер; мікроконтролер, який, обробляючи вхідні дані, відображає на індикаторі покази датчика ваги та генерує сигнал сигналізації виходу рою; силові ланцюги, які посилюють сигнал з виходу мікроконтролера та передають його на пристрій сигналізації. Також система включає зв'язок мікроконтролера з особистим комп'ютером, на який може бути введена інформація про вагу вулика та збережений час виходу рою. У цьому випадку потрібно забезпечити можливість розміщення датчика виходу рою у вулику таким чином, щоб максимально уникнути перешкод для бджіл. Ці дані можуть бути використані для створення різноманітних графіків і діаграм, які допоможуть пасічнику аналізувати інформацію про стан пасічного господарства на протязі певного періоду часу, включаючи весь рік. Крім того, можливість збереження інформації, отриманої від цих датчиків, у пам'яті комп'ютера

дозволить пасічникові проводити порівняльний аналіз за різні періоди року і прогнозувати поведінку бджіл. Разом з інформацією, що надходить від розроблюваної системи і зберігається у пам'яті комп'ютера, було б корисно отримувати і дані про температурні умови у вуликах, а також погодні умови, такі як температура повітря, тиск, сила і напрямок вітру, опади, а також інформацію про періоди цвітіння медоносів і т.д. Ця вся інформація, безперечно, сприятиме більш ефективному веденню пасічного господарства і створить підґрунтя для подальшої розробки автоматизованого пасічного комплексу.

Структурна схема системи збору даних, що розробляється в даній роботі представлена на рис. 3.7

Датчики ваги вуликів конвертують вагу, яку вони вимірюють, у електричний сигнал.

Нормуючі підсилювачі перетворюють вихідну напругу з датчиків ваги на вхідну напругу для комутатора. Комутатор AD7890 використовується для вибору потрібного каналу комутатора для перемикавання.

Однокристална МІКРО-ЕВМ AT90S4433 отримує сигнали від комутатора, відображає визначену вагу на індикаційному пристрої, генерує сигнал сигналізації про вихід рою і може передавати зібрані дані через

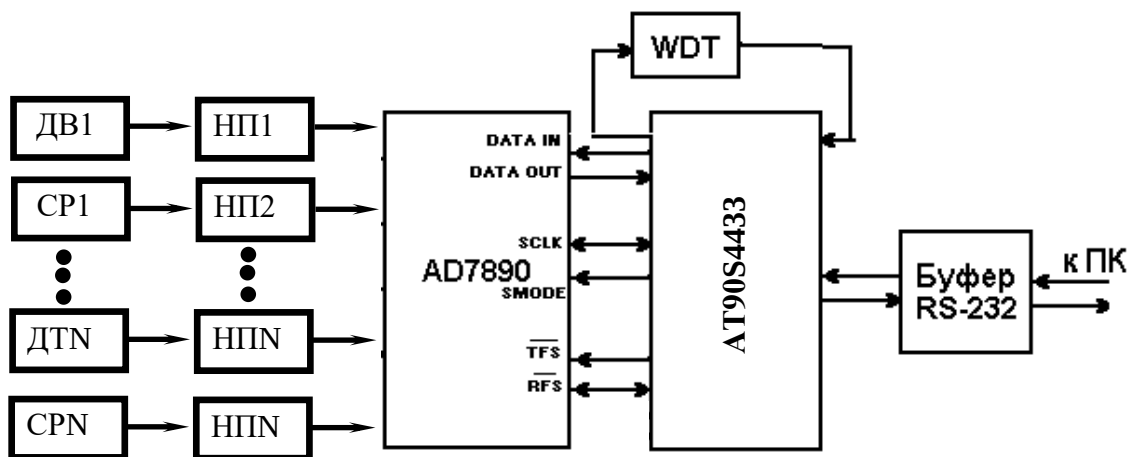


Рисунок 3.7 – Узагальнена структурна схема системи збору даних

ДВ1, ..., ДВN – лінійні датчики ваги вуликів;

НП1, ..., НПN – нормуючі підсилювачі;

AD7890 – аналоговий комутатор; AT90S4433 – МІКРО-ЕОМ;

WDT – сторожовий таймер

послідовний інтерфейс RS-232 до ПК.

У схему включено буфер послідовного інтерфейсу RS-232, щоб забезпечити перетворення логічних рівнів між ПК і МІКРО-EVM, а також між МІКРО-EVM і ПК.

Оскільки система працює у самостійному режимі і не передбачає взаємодії з оператором, в неї додатково включається інтегральна мікросхема сторожового таймера. Ця мікросхема призначена для виведення МІКРО-EVM зі стану "зависання" та його перезавантаження при включенні живлення. Блок-схема загального алгоритму роботи системи подана на кресленні 04.02.

Під час включення живлення МІКРО-EVM AT90S4433 автоматично виконує підпрограму ініціалізації, яка включає в себе кілька етапів, таких як ініціалізація універсального асинхронного приймача-передавача (УАПП), встановлення пріоритету переривань і дозвіл на їх використання. При отриманні запиту від пасічника або ПК про "Визначення ваги вулика N", мікропроцесор послідовно видає байт даних через лінію 1 порту 1 (P1.1). У цьому байті перші три біти вказують на вибір каналу мультиплексора для визначення ваги. Прийом кожного біта цього байта здійснюється при спрацюванні фронту імпульсу сигналу, що надходить на вхід SCLK від мікропроцесора через лінію 2 порту 1 (P1.2). Передача цього байта активується сигналом низького рівня, що подається на вхід від мікропроцесора через лінію 4 порту 1. Після отримання байту інформації комутатор виконує перемикання необхідного каналу. Після цього МП генерує негативний імпульс на вивід з лінії 7 порту 1, і коли цей імпульс переходить у позитивний, починається процес перетворення напруги, яка надходить від датчика ваги – N, у двійковий код. Після закінчення 5,9 мікросекунд (час перетворення), комутатор готовий до передачі отриманої напруги. Процес передачі даних від комутатора до МП проводиться при стробуванні сигналу (низький рівень), що надходить з лінії 5 порту 1 на вивід *RFS*. Після цього МП виводить виміряну вагу на індикацію та передає її до ПК за допомогою послідовного інтерфейсу RS-232. На цьому завершується цикл роботи системи.

### 3.4 Розробка схем електричних принципових реалізації системи, що проектується

В сучасний час значна увага приділяється проектуванню вимірювальних систем, зокрема використанню електронно-цифрових приладів у цих системах. Це обумовлено кількома факторами, такими як висока швидкість вимірювання параметрів, зручна форма подання інформації, гнучкий інтерфейс та порівняно невелика погрішність вимірювання порівняно з механічними і електромеханічними засобами. Ці переваги роблять такі системи перспективними для подальшого розвитку та використання у багатьох галузях виробництва.

У наш час важливим напрямком науково-технічного прогресу є розвиток мікроелектроніки та її широке застосування в промисловому виробництві, а також в пристроях і системах управління різноманітними об'єктами і процесами.

Застосування мікроконтролерів у виробах не лише підвищує техніко-економічні характеристики (такі як надійність, енергоефективність, компактність), але й сприяє скороченню часу розробки продуктів, роблячи їх більш модульними та адаптивними, а також зменшує їх вартість. Використання мікроконтролерів у системах управління дозволяє досягти високої ефективності при низьких витратах.

У сучасній епохі системи збору даних відчутно просунулися вперед і наблизилися до використання передових електронних технологій. Зараз багато таких систем складається з аналогового комутатора, підсилювача вибірки-зберігання та АЦП, які часто інтегруються на одному мікросхемному пристрої. Це помітно покращило швидкість обробки даних, зробило їх використання більш зручним та, звичайно, знизило їхню вартість.

Сучасні елементи цифрової техніки створюють сприятливі умови для розробки цифрових регуляторів з програмним виконанням операцій в реальному часі, базованого на мікропроцесорах. Особливо варто відзначити однокристальні мікроконтролери, які є компактними пристроями, виготовленими у формі ВІС. Вони включають у себе ключові компоненти мікроЕОМ: мікропроцесор, пам'ять

програм та даних, а також програмовані інтерфейси для взаємодії з навколишнім середовищем. Використання мікроконтролерів у інформаційних системах та системах керування дозволяє досягати високих показників ефективності за низької вартості, компактних розмірів, невеликої ваги, економії енергії та забезпечує високу обчислювальну потужність [1-4].

Структура, набір команд та засоби вводу/виводу інформації мікроконтролерів є ідеально пристосованими для вирішення завдань керування і регулювання в пристроях, приладах і системах автоматизації. У практиці проектування мікропроцесорних систем автоматичного керування (САК) важливо враховувати кілька факторів, таких як забезпечення визначених показників якості управління, раціональний розподіл функцій між апаратними та програмними засобами, а також взаємозв'язок між цифровою та аналоговою складовими САК.

Такі параметри якості керування, як динаміка, точність та надійність виконання функцій управління іншими особливостями цифрової реалізації алгоритмів у мікроконтролері. Зокрема, у цифровому відображенні інформації відбувається дискретизація процесів за часом і квантування за рівнем. Дискретизація за часом, яка відбувається відповідно до певного критерію якості функціонування САК, ставить вимоги до швидкодії мікроконтролера, а квантування за рівнем може спричиняти появу шумів квантування.

Планування розподілу функцій між апаратними та програмними складовими САК вимагає аналізу різноманітних факторів. Основними з них, разом із забезпеченням потрібної продуктивності мікроконтролера, є структура системи, спосіб подання вхідної та вихідної інформації і особливості цифрових алгоритмів обробки даних.

Для забезпечення взаємодії аналогової частини САК з мікроконтролером застосовують аналого-цифрові та цифроаналогові перетворювачі, які повинні відповідати високим стандартам щодо швидкості, точності та лінійності перетворення [6]. Це призводить до необхідності забезпечення схемотехнічного та програмного зв'язку між АЦП різної розрядності та мікроконтролером. Проте, за останні роки мікроконтролери з вбудованими АЦП високої розрядності стали

широко поширеними, що дозволяє уникнути використання додаткових мікросхем і значно спрощує проектування електричних схем.

Враховуючи зазначені вище фактори, для створення мікропроцесорної системи контролю стану бджолиного вулика відповідає однокристальний мікроконтролер типу AT90S4433.

У порівнянні з апаратурно реалізованими цифровими регуляторами, регулятори з програмною реалізацією можуть працювати повільніше, але вони більш універсальні, легко налаштовуються і мають кращі масо-габаритні характеристики. Мікропроцесорні системи автоматичного керування і сигналізації зазвичай мають вищу надійність у порівнянні з системами, побудованими на інших елементах.

У проектуванні системи потрібно додати аналоговий сигнал датчика ваги вулика поряд із чисто логічним сигналом спрацювання сигналізатора виходу рою. Це означає, що для обробки цієї інформації за допомогою мікроконтролера потрібно перетворити аналоговий сигнал у цифровий. Аналого-цифровий перетворювач вирішує завдання знаходження однозначного відповідності аналогового сигналу цифровому коду. Цифроаналоговий перетворювач, з свого боку, однозначно перетворює кодові комбінації цифрового сигналу в аналоговий сигнал. Одні з основних вимог до АЦП і ЦАП включають їх можливість співпраці з мікропроцесором, що передбачає сумісність логічних рівнів цифрових сигналів перетворювачів з шиною даних мікропроцесора, а також збіг видів цифрових кодів і формату даних, програмну сумісність. Обраний мікроконтролер типу AT90S4433 містить вбудовані ЦАП і АЦП.

У структурі системи моніторингу стану бджолиної сім'ї можна розрізнити дві основні складові: слабкострумову (керуючу) і силову (енергетичну). Реалізація слабкострумової складової на одному мікропроцесорі підвищує надійність і універсальність системи, спрощує втілення необхідних правил регулювання. Оскільки інформація про процес регулювання міститься в самому цифровому сигналі і не залежить від його енергії, то вона менше схильна до впливу перешкод і спотворень.

Складова слабкострумowego блоку в мікропроцесорній системі повинна вирішувати завдання програмної обробки отриманих даних від датчиків та генерації спеціальних кодових послідовностей для керування силовою частиною, що дозволить надсилати сигнали оповіщення пасічнику про вихід рою.

На кресленні 05.00 представлена основна структурна схема слабкострумowego модуля системи контролю стану бджолиної сім'ї. Вона включає в себе мікроконтролер AT90S4433, що відповідає за алгоритм зчитування сигналів від датчиків, датчика ваги вулика та сигналізатора виходу рою. Також у складі схеми є вхідні масштабуючі пристрої, які адаптують вхідні сигнали до стандартного рівня, що зручно обробляється мікроконтролером, а також силова частина та рідкокристалічний індикатор.

Мікроконтролер на елементі DD4 (мікросхема AT90S4433) має вбудований тактовий генератор G1, частота якого встановлюється зовнішнім кварцовим резонатором на частоті 12 МГц. Вхідний масштабуючий підсилювач, який адаптує сигнали датчика до рівня, зрозумілого для мікропроцесорної системи, розташований на елементі DA3 (мікросхема K140УД17). Це операційний підсилювач, що застосовується для підсилення сигналів без спотворень від датчиків, підсилює лише корисний сигнал, має мінімальне відхилення нуля, низький рівень шуму, великий вхідний опір. Регулювання масштабу здійснюється шляхом зміни коефіцієнта підсилення операційного підсилювача [6-7]. Сигнал керування з порту PB0 мікроконтролера передається через мультиплексори DD1, DD2, які подають сигнали до мікроконтролера. Інформація про вихід рою і-го вулика, керована контролером, відображається світлодіодом через демультимплексор К 530 ИД7.

У цьому кресленні також показано принципову електричну схему блока живлення для розроблюваної системи.

## 4 РОЗРАХУНКИ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ВИРОБУ

### 4.1 Розрахунок елементів блока живлення мікроконтролера

Трансформатор розраховують у такій послідовності, враховуючи необхідну напругу на вторинній обмотці ( $U_2 = 20 \text{ В}$ ) та максимальний струм навантаження ( $I_n$ ) [7].

1. Визначаємо значення електричного струму, який протікає через вторинну обмотку трансформатора:

$$I_2 = 1,5 I_n, \quad (4.1)$$

де  $I_2$  представляє собою електричний струм, що протікає через другу обмотку трансформатора, виражений в амперах;

$I_n$  представляє собою максимальний струм, що навантажує систему, виражений в амперах. У даному випадку  $I_n$  визначається як загальний струм, який використовують всі компоненти схеми. Підсумовуючи струми, що споживаються кожним елементом системи і враховуючи додатковий запас, отримуємо  $I_n = 150 \text{ мА}$ . Отже,  $I_2 = 1,5 \cdot 150 = 225 \text{ (мА)}$ .

2. Визначаємо електричну потужність, яку споживає випрямляч від другої обмотки трансформатора:

$$P_2 = U_2 I_2, \quad (4.2)$$

де  $P_2$  визначає максимальну потужність, що споживається від другої обмотки трансформатора, виражену в ватах;

$U_2$  - це напруга на вторинній обмотці, виражена в вольтах;

$I_2$  - максимальний струм, який протікає через другу обмотку трансформатора, виражений в амперах.

Підставивши вказані значення, отримаємо  $P_2 = 20 \times 0,225 = 4,5 \text{ (Вт)}$ .

3. Обчислюємо потужність трансформатора:

$$P_{тр} = 1,25 P_2, \quad (4.3)$$

де  $P_{тр}$  - потужність трансформатора, виражена в ватах;

$P_2$  - максимальна потужність, яка споживається від другої обмотки трансформатора, також в ватах.

Підставивши зазначені значення, отримаємо

$$P_{тр} = 1,25 \times 4,5 = 5,625 \text{ (Вт)}, \text{ для подальших обчислень приймемо } P_{тр} = 6 \text{ Вт.}$$

Якщо трансформатор має кілька вторинних обмоток, спочатку розраховують сумарну потужність цих обмоток, а потім потужність самого трансформатора.

4. Визначаємо значення електричного струму, який протікає через первинну обмотку:

$$I_1 = P_{тр} / U_1, \quad (4.4)$$

де  $I_1$  - електричний струм, який протікає через обмотку I, вимірюється в амперах;

$P_{тр}$  - потужність трансформатора, обчислена в ватах;

$U_1$  - напруга на первинній обмотці трансформатора (сіткова напруга).

Підставляючи зазначені значення, отримаємо  $I_1 = 6 / 220 = 0,3 \text{ (А)}$ .

5. Проводимо розрахунок площі перетину сердечника магнітопровода:

$$S = 1,3 P_{тр}, \quad (4.5)$$

де  $S$  - площа перетину сердечника магнітопровода, вимірюється в квадратних сантиметрах;

$P_{тр}$  - потужність трансформатора, вимірюється в ватах.

Підставивши зазначені значення, отримаємо  $S = 1,3 \times 6 = 7,8 \text{ (см}^2\text{)}$ .

6. Встановлюємо кількість витків у первинній (мережній) обмотці:

$$w_1 = 50 U_1 / S, \quad (4.6)$$

де  $w_1$  - кількість витків у обмотці;

$U_1$  - напруга на первинній обмотці, вольти;

$S$  - площа перетину сердечника магнітопровода, вимірюється в квадратних сантиметрах.

Підставивши зазначені значення, отримаємо  $w_1 = 50 \cdot 220 / 7,8 = 1410$  витків.

7. Обчислюємо кількість витків у вторинній обмотці:

$$w_2 = 55 U_2 / S, \quad (4.7)$$

де  $w_2$  - кількість витків у вторинній обмотці;

$U_2$  - напруга на вторинній обмотці, вольти;

$S$  - площа перетину сердечника магнітопровода, вимірюється в квадратних сантиметрах.

Підставивши вказані значення, отримаємо  $w_2 = 55\,20 / 7,8 = 141$  виток.

8. Розраховуємо діаметри провідників обмоток трансформатора за допомогою формули

$$d = 0,02 I, \quad (4.8)$$

де  $d$  - діаметр провідника, вимірюється в міліметрах;

$I$  - електричний струм, який протікає через обмотку, вимірюється в міліамперах.

Також можна визначити діаметр провідника обмотки за допомогою табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Діаметр проводу обмотки

|                             |           |                 |                  |                   |                   |                   |                      |                    |
|-----------------------------|-----------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| $I_{\text{обм}}, \text{mA}$ | $\leq 25$ | 25<br>...<br>60 | 60<br>...<br>100 | 100<br>...<br>160 | 160<br>...<br>250 | 250<br>...<br>400 | 400...<br>...<br>700 | 700<br>...<br>1000 |
| $d, \text{мм}$              | 0,1       | 0,15            | 0,2              | 0,25              | 0,3               | 0,4               | 0,5                  | 0,6                |

Використовуючи наведену таблицю, отримаємо

для першої обмотки  $d_1 = 0,4$  мм,

для другої обмотки  $d_2 = 0,25$  мм.

Після цього можна переходити до вибору відповідного матеріалу для сердечника трансформатора і провідника, виготовлення каркасу і, нарешті, обмотки. Однак Ш-подібні трансформаторні пластини мають різну площу вікна, тому необхідно перевірити, чи підходять обрані пластини для трансформатора, тобто чи може провід поміститися на каркасі трансформатора. Для цього достатньо помножити раніше розраховану потужність трансформатора на 50 - отримаємо необхідну площу вікна, виражену в міліметрах квадратних. Якщо у вибраних пластини ця площа більша або дорівнює обчислений, то матеріал можна використовувати для виготовлення трансформатора.

При виборі сердечника магнітопровода також слід враховувати, що відношення ширини сердечника до його товщини (відношення сторін) має бути в межах від 1 до 2.

Трансформатори живлення часто використовують уніфіковані трансформатори ТВК. Промисловість випускає кілька типів таких трансформаторів, кожен з яких при використанні з випрямлячем, зібраним за мостовою схемою, забезпечує конкретні вихідні напруги на навантаженні в залежності від споживаного струму. Ці характеристики представлені в табл. 4.2, що сприятиме вибору відповідного трансформатора ТВК для конкретного блоку живлення.

Таблиця. 4.2 - Параметри трансформаторів ТВК

| Трансформатор           | Випрямлена напруга при струмові навантаження, А |      |      |      |      |
|-------------------------|-------------------------------------------------|------|------|------|------|
|                         | 0                                               | 0,3  | 0,5  | 0,8  | 1,0  |
| ТВК-70Л2                | 14                                              | 11,5 | 10,5 | 9    | 8    |
| ТВК-110Л1               | 28                                              | 26   | 25   | 24   | 23   |
| ТВК-110Л2,<br>ТВК 110ЛМ | 17                                              | 15   | 14   | 13,5 | 12,5 |

Обираємо трансформатор з типом ТВК-110Л1

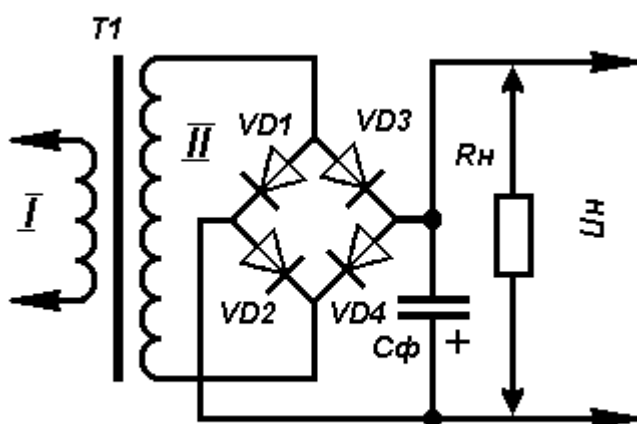


Рисунок 4.1 - Двохнапівперіодний випрямляч, діоди якого включені за мостовою схемою

Розрахунок випрямляча блока живлення мікроконтролера

Оскільки у більшості конструкцій блоків живлення використовується двохнапівперіодний випрямляч, діоди якого з'єднані за мостовою схемою (рис. 4.1), розглянемо вибір його складових елементів. Розрахунок випрямляча передбачає відповідний вибір

випрямних діодів і конденсатора фільтрації, а також визначення необхідної змінної напруги для випрямлення, яка береться з вторинної обмотки мережного трансформатора. Вихідними даними для розрахунку випрямляча є необхідна напруга на навантаженні ( $U_n$ ) та максимальний струм, що його споживає ( $I_n$ ).

Проводимо розрахунок за наступною послідовністю:

1. Встановлюємо необхідну змінну напругу, яка має бути на вторинній обмотці мережного трансформатора:

$$U_2 = B U_n, \quad (4.9)$$

де  $U_n$  - стала напруга на навантаженні, вольти;

$B$  - коефіцієнт, який залежить від струму навантаження, який визначається за табл. 4.3.

Підставивши зазначені значення, отримаємо

$$U_2 = 1,0 \times 20 = 20 \text{ (В)}.$$

Таблиця. 4.3 - Коефіцієнт, що залежить від струму навантаження

| Коефіцієнт | Струм навантаження, А |     |     |     |     |     |
|------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|            | 0,1                   | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| $B$        | 0,8                   | 1,0 | 1,9 | 1,4 | 1,5 | 1,7 |
| $C$        | 2,4                   | 2,2 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,8 |

2. За допомогою струму навантаження визначаємо максимальний струм, який протікає через кожен діод випрямного моста:

$$I_d = 0,5 C I_n, \quad (4.10)$$

де  $I_d$  - електричний струм, який протікає через діод, вимірюється в амперах;

$I_n$  - максимальний струм навантаження, вимірюється в амперах;

$C$  - коефіцієнт, що залежить від струму навантаження, визначається за табл. 4.3.

Підставивши зазначені значення, отримаємо

$$I_d = 0,5 \times 2,2 \times 150 = 165 \text{ (мА)}.$$

3. Розраховуємо обернену напругу, яка буде застосована до кожного діода випрямляча:

$$U_{обр} = 1,5 U_n, \quad (4.11)$$

де  $U_{обр}$  - обернена напруга, вольти;

$U_n$  - напруга на навантаженні, вольти.

Підставивши зазначені значення, отримаємо

$$U_{обр} = 1,5 \times 20 = 30 \text{ (В)}.$$

4. Вибираємо діоди, в яких значення випрямленого струму і допустимої зворотної напруги рівні або перевищують розрахункові. Таким діодом є КД226Б, у якого  $U_{обр} = 200 \text{ В}$  та  $I_d = 1,7 \text{ А}$ .

5. Встановлюємо величину ємності конденсатора фільтра:

$$C_\phi = 3200 I_n / U_n K_\phi, \quad (4.12)$$

де  $C_\phi$  - ємність конденсатора фільтра, мікрофарад;

$I_n$  - максимальний струм навантаження, ампер;

$U_n$  - напруга на навантаженні, вольт;

$K_\phi$  - коефіцієнт пульсації випрямленої напруги (відношення амплітудного значення змінної складової частотою 100 Гц на виході випрямляча до середнього значення випрямленої напруги).

Для різних навантажень коефіцієнт пульсацій не повинен перевищувати встановленого значення. Якщо вихідна напруга випрямляча буде додатково стабілізуватися за допомогою транзисторного стабілізатора, розрахункову ємність конденсатора фільтра можна зменшити в 5-10 разів.

Підставивши зазначені значення, отримаємо

$C_\phi = 3200 \cdot 0,15 / 1,137 = 422 \text{ (мкФ)}$ . Зі стандартного ряду ємностей обираємо  $C_\phi = 500 \text{ мкФ}$ .

Як стабілізатор використовуємо мікросхеми LM 7815 та LM 7915.

## 4.2 Розрахунок надійності розроблюваної системи

Надійність - це властивість пристрою зберігати значення всіх параметрів у встановлених межах, що характеризують його здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах експлуатації.

Під безвідмовністю пристрою розуміється його здатність безперервно зберігати працездатний стан протягом певного часу без зупинок або перерв у роботі. Безвідмовність характеризує здатність пристрою працювати до виникнення відмови.

Довготривалість - це здатність пристрою залишатися працездатним до досягнення граничного стану.

Основними показниками надійності є:

а) ймовірність безвідмовної роботи протягом періоду часу  $t$ :

$$P(t) = Nt / N_0, \quad (4.13)$$

де  $Nt$  – кількість виробів, які залишаються в нормальному робочому стані протягом часу  $t$ ;

$N_0$  – загальна кількість виробів, які були поставлені на випробування.

Імовірність відмов визначається як обернена величина ймовірності безвідмовної роботи:

$$\bar{P}(t) = 1 - P(t), \quad (4.14)$$

Імовірність безвідмовної роботи оцінюється за результатами десятитисячних спроб.

б) частота виникнення відмов:

$$\lambda_t = \Delta n / \Delta t N_{cp}, \quad (4.15)$$

де  $\Delta n$  визначається як кількість елементів, що вийшли з ладу протягом періоду часу  $\Delta t$ ;

$N_{cp}$  – представляє середнє значення елементів, які залишаються в справному стані.

в) середня тривалість безвідмовної роботи:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{s=1}^n n_i \cdot t_{cpi}}{N_0}, \quad (4.16)$$

де  $n_i$  відображає кількість виробів, що вийшли з ладу протягом  $i$ -го інтервалу часу;

$t_{cpi}$  визначає середній час тривалості  $i$ -го інтервалу,

$$t_{cpi} = \frac{t_{in} - t_{ik}}{2}, \quad (4.17)$$

де  $N_0$  – відображає кількість виробів, які були поставлені на випробування;

$k$  позначає кількість інтервалів спостереження.

Інтенсивність відмов допомагає визначити середню тривалість безвідмовної роботи:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda} \quad (4.18)$$

і ймовірності безвідмовного функціонування:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (4.19)$$

Показники надійності системи в цілому можуть бути визначені за показниками надійності окремих елементів, які складають цю систему.

Припускаючи відсутність резервування і те, що вийшовши з ладу один елемент призведе до виходу з ладу всього пристрою, найбільш простий розрахунок здійснюється наступним чином.

У теорії надійності, систему з такими характеристиками порівнюють з електричними ланками і називають її послідовною.

У такому випадку, можна скористатися теоремою множення ймовірностей;

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t) \quad (4.20)$$

де  $P_i(t)$  визначає ймовірність безвідмовної роботи  $i$ -го елемента протягом часу  $t$ ;

$N$  – позначає загальну кількість комплектуючих елементів.

$$\text{Отже, } P_c(t) = e^{-\sum_{i=1}^N \lambda_i t_c}$$

Система вважається прийнятною, якщо ймовірність безвідмовної роботи при  $t = 1000$  - х дорівнює 0.7 або 70%.

Створимо таблицю інтенсивності відмов на основі вхідних даних.

Підставляючи значення  $\sum \lambda$  з таблиці у рівняння  $P_c(t) = e^{-\sum_{i=1}^N \lambda_i t_i}$  та змінюючи значення часу  $t$ , визначаємо ймовірність відмови в момент часу  $t$ ,  $P_c(t)$ .

Таблиця 4.4 – Інтенсивності відмов радіоелементів

| №<br>п/п | Найменування<br>різнотипових<br>елементів | Кількість<br>однотипних<br>елементів, n | Інтенсивність<br>відмови<br>елементів<br>$\lambda \cdot 10^{-6}$ , 1/год | Регулююча<br>інтенсивність<br>відмов,<br>$\sum \lambda \cdot 10^{-6}$ , 1/год |
|----------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | ІМС                                       | 7                                       | 0,001                                                                    | 0,007                                                                         |
| 2        | Конденсатори                              | 14                                      | 0,1                                                                      | 1,4                                                                           |
| 3        | Резистори                                 | 20                                      | 0,03                                                                     | 0,6                                                                           |
| 4        | Діоди                                     | 4                                       | 0,02                                                                     | 0,08                                                                          |
| 5        | Транзистори                               | 4                                       | 0,3                                                                      | 1,2                                                                           |
| 6        | Пайка                                     | 66                                      | 0,001                                                                    | 0,066                                                                         |
| 7        | Резонатор                                 | 1                                       | 0,001                                                                    | 0,01                                                                          |
| Всього   |                                           |                                         |                                                                          | 3,363                                                                         |

Середню тривалість безвідмовної роботи пристрою обчислюємо за допомогою формули:

$$T_{\text{осмін}} = \frac{1}{D_{\text{смах}}} = \frac{1}{3,363 \times 10^{-6}} = 297400 \text{ год.}$$

Таблиця 4.5 – Результатів розрахунку імовірності безвідмовної роботи системи

| t, год | $\sum \lambda \cdot 10^{-6}, 1/\varepsilon$ | $\sum \lambda t \cdot 10^{-6}, 1/\varepsilon$ | $e^{-\sum \lambda t}$ |
|--------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|
| 100    | 3,363                                       | 336,3                                         | 0.999                 |
| 1000   | 3,363                                       | 3363                                          | 0.997                 |
| 2000   | 3,363                                       | 6726                                          | 0.993                 |
| 3000   | 3,363                                       | 10089                                         | 0.99                  |
| 4000   | 3,363                                       | 13452                                         | 0.987                 |
| 5000   | 3,363                                       | 16851                                         | 0.983                 |
| 6000   | 3,363                                       | 20178                                         | 0.98                  |
| 7000   | 3,363                                       | 23541                                         | 0.977                 |
| 8000   | 3,363                                       | 26904                                         | 0.974                 |
| 9000   | 3,363                                       | 30267                                         | 0.97                  |
| 10000  | 3,363                                       | 33630                                         | 0.967                 |

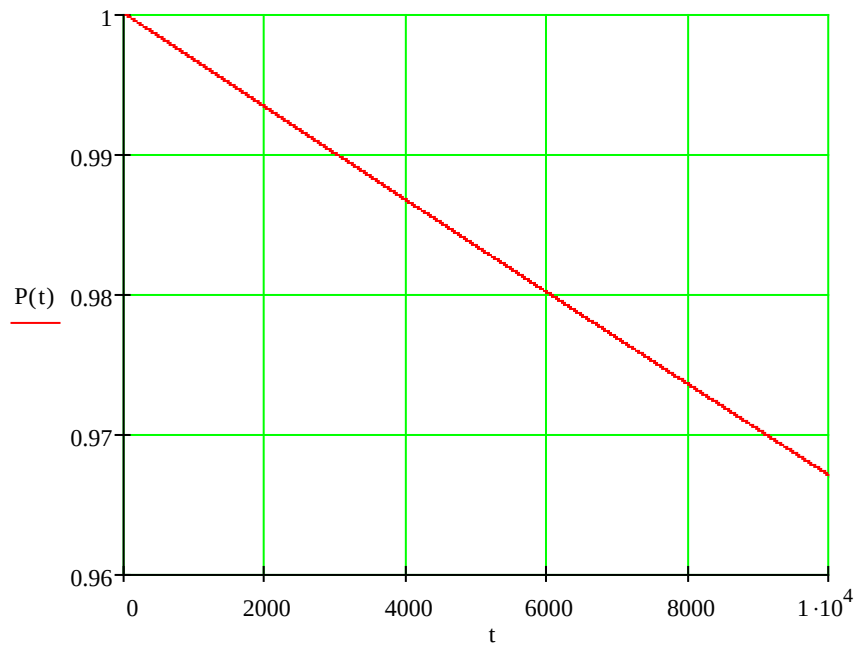


Рисунок 4.2 - Імовірність безвідмовної роботи розроблюваної системи

Обчислюємо ймовірність відмов та реєструємо результати розрахунків у табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Результати розрахунку ймовірності відмов пристрою

|              |       |       |       |      |       |       |      |       |       |      |       |
|--------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| t, год       | 100   | 1000  | 2000  | 3000 | 4000  | 5000  | 6000 | 7000  | 8000  | 9000 | 10000 |
| P(t)         | 0.999 | 0.997 | 0.993 | 0.99 | 0.987 | 0.983 | 0.98 | 0.977 | 0.974 | 0.97 | 0.967 |
| $\bar{P}(t)$ | 0.001 | 0.003 | 0.007 | 0.01 | 0.013 | 0.017 | 0.02 | 0.023 | 0.026 | 0.03 | 0.033 |

З таблиці можна зрозуміти, що ймовірність безвідмовної роботи пристрою зменшується зі збільшенням часу його роботи, тоді як ймовірність відмов збільшується.

За результатами проведених розрахунків можна зробити висновок, що при накопиченні роботи в 10000 годин ймовірність відмови становить 96,7%.

На рис. 4.2 наведено графік ймовірності безвідмовної роботи розроблюваної системи після 10000 годин роботи.

#### 4.3 Розрахунок погрішності аналого-цифрового перетворювача

Вбудований аналого-цифровий перетворювач може викликати такі типи похибок:

- нелінійності (похибка нелінійності - максимальне відхилення лінеаризованої реальної характеристики перетворення від прямої лінії, що проходить через крайні точки цієї характеристики перетворення АЦП);

- диференціальної нелінійності (похибка диференціальної нелінійності - відхилення фактичної різниці рівнів (вхідного сигналу АЦП), що відповідають двом сусіднім перемиканням коду, від ідеального значення цієї різниці, рівної 1 МЗР. Для ідеального АЦП різниця рівнів між сусідніми перемиканнями коду в точності рівна 1 МЗР.);

- похибка повної шкали (похибка повної шкали - відхилення рівня вхідного сигналу, що відповідає останньому перемиканню коду, від ідеального значення, після того, як була виправлена похибка біполярного нуля).

Табл. 4.7 містить помилки, взяті з каталога, для інтегральної мікросхеми AT90S4433 виробництва компанії Atmel.

Таблиця 4.7 – Основний погрішності інтегральної мікросхеми AT90S4433

| Вид погрішності             | Значення      | %      |
|-----------------------------|---------------|--------|
| Інтегральна нелінійність    | $\pm 1$ МЗР   | 0,0244 |
| Диференціальна нелінійність | $\pm 1$ МЗР   | 0,0244 |
| Повної шкали                | $\pm 2.5$ МЗР | 0,061  |
| Загальна ( $\Delta$ АЦП)    |               | 0,1098 |

#### 4.4 Розрахунок похибки нормуючого підсилювача

Загальна похибка нормуючого підсилювача складається з похибки напруги зсуву ( $\Delta U_{cm}$ ), похибки струму зсуву ( $\Delta I_{cd\delta}$ ), похибки коефіцієнта від'ємного зворотного зв'язку ( $\Delta K_{ООС}$ ), та похибки розкиду параметрів опорів від номінального значення ( $\Delta R_{1 R2 MAX}$ ).

Оцінка похибки, що виникає від напруги зсуву ( $\Delta U_{cm}$ )

$$\Delta U_{cm} = U_{cm} \times K_y \quad (4.21)$$

де  $K_y$  визначає коефіцієнт підсилення (у даному випадку  $K_y = 1$ ).

$$\begin{aligned} \Delta U_{cm} &= 25 \text{ мкВ}, \\ \Delta U_{cm} \% &= \frac{0,000025}{5} \cdot 100 \%, \\ \Delta U_{cm} \% &= 0,0005 \%. \end{aligned}$$

Оцінка похибки від коефіцієнта від'ємного зворотного зв'язку  $K_{ООС}$  ( $\Delta K_{ООС}$ )

$$K_{ООС} = \frac{K_d}{K_c}, \quad (4.22)$$

де  $K_d$  визначає коефіцієнт підсилення для диференціального сигналу ( $K_d = 1$ );

$K_c$  визначає коефіцієнт підсилення для синфазного сигналу;

$$\begin{aligned} K_c &= 1/501190, \\ K_c &= 1,96 \times 10^{-6}. \end{aligned}$$

$$\Delta K_{ООС} = U_{\text{вх син MAX}} \times K_c, \quad (4.23)$$

де  $U_{\text{вх син MAX}}$  вказує на максимальну синфазну вхідну напругу ( $U_{\text{вх син MAX}} = 5 \text{ В}$ ).

$$\begin{aligned} \Delta K_{ООС} &= 5 \times 1,96 \times 10^{-6}, \\ \Delta K_{ООС} &= 9,98 \text{ мкВ}, \\ \Delta K_{ООС} \% &= \frac{0,00000998}{5} \cdot 100 \%, \\ \Delta K_{ООС} \% &= 0,0002 \%. \end{aligned}$$

Оцінка похибки, що виникає від струму зсуву ( $\Delta I_{cd\delta}$ )

$$U_+ = I_{cd\delta} \times R_2, \quad (4.24)$$

$$U_+ = 0,7 \text{ мкВ},$$

$$\Delta I_{cd\delta} = U_+ \times K_y, \quad (4.25)$$

$$\Delta I_{\text{сдв}} = 0,7 \text{ мкВ};$$

$$\Delta I_{\text{сдв}} \% = \frac{0,0000007}{5} \cdot 100 \%,$$

$$\Delta I_{\text{сдв}} \% = 0,00001\%.$$

Оцінка похибки, що викликається відхиленням опорів  $R1$  і  $R2$  від їх номінального значення.

Для зменшення похибки вибираємо опори, в яких відхилення від номінального значення становить  $\pm 0.05\%$ .

$$R1_{\text{MIN}} = 39,996 \text{ Ом}, R2_{\text{MAX}} = 40,004 \text{ Ом}.$$

Струм, який протікає через  $R1$  і  $R2$ , складатиме:

$$I = \frac{U_{\text{bxMAX}}}{R1_{\text{MIN}} + R2_{\text{MAX}}} = \frac{5}{39,996 + 40,004} = 0,000625 \text{ А},$$

$$U_{\text{вхОУmin}} = I \times R1_{\text{MIN}}, U_{\text{вхОУmin}} = 2,49 \text{ В};$$

$$\Delta_{R1 R2 \text{ MAX}} = (5 - U_{\text{вхОУmin}}) \times 2 \times K_y,$$

$$\Delta_{R1 R2 \text{ MAX}} \% = 0,049 \%$$

Таким чином, загальна похибка нормуючого підсилювача буде:

$$\Delta_{\text{HY}} = \frac{\Delta_{R1R2\text{MAX}} + \Delta I_{\text{сдв}} + \Delta K_{\text{ООС}} + \Delta U_{\text{см}}}{K_{\text{yc}}} \cdot 100\%, \quad (4.26)$$

$$\Delta_{\text{HY}} = 0,031 \%.$$

Отже, для підтвердження працездатності виробу були здійснені розрахунки трансформатора блока живлення мікроконтролера, випрямляча блока живлення контролера, а також проведені розрахунки надійності розробленої системи, погрішностей АЦП та нормуючого підсилювача.

## 5 ОПИС ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ, ЩО ПОВ'ЯЗАНІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СИСТЕМИ ВІДСЛІДКОВУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПАСІЦІ В ПРОЦЕСІ МЕДОЗБОРУ

### 5.1 Заходи для створення безпечних умов праці

Електричні системи, які охоплюють практично всю комп'ютерну техніку, представляють значну потенційну небезпеку. Під час експлуатації або технічного обслуговування людина може ненавмисно торкнутися ділянок, що перебувають під напругою. Ризик ураження струмом при контакті з провідними частинами електроустановки залежить від величини току, що протікає через організм.

Периферійні обчислювальні пристрої та комп'ютери отримують основне електроживлення від трифазної мережі з частотою 50 Гц та напругою 380/220 В. Для живлення окремих пристроїв також можуть використовуватися однофазні мережі, як змінного, так і постійного струму, з напругою від 5 до 380 В.

Статистика електротравматизму вказує на те, що двополюсне торкання відбувається досить рідко, у порівнянні з однофазним дотиком, який частіше виникає у ізольованих і глухозаземлених мережах.

Щоб уникнути електротравматизму, необхідні не лише організаційні заходи, але й використання технічних засобів захисту, таких як захисне заземлення, занулення, захисне відключення та інші.

У трифазних мережах змінного струму може бути як ізольована, так і заземлена нейтраль. У випадку напруги до 1000 В захист персоналу забезпечується за допомогою занулення, яке полягає у спеціальному електричному з'єднанні з нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою (згідно з ГОСТ 12.1.009-76). Ця процедура перетворює будь-яке корпусне замикання на коротке замикання, що активує максимальний струмовий захист і відключає пошкоджену установку від мережі.

Перша вимога Правил устрою електроустановок (ПУЕ) стосовно занулення вимагає:

- забезпечення провідності фазних і нульових захисних провідників такою, щоб у разі корпусного замикання виконувалася умова  $I_{кз} \geq 3 I_n$  найближчої плавкої вставки;
- використання регульованого розчіплювача автоматичного вимикача з вставкою, яка має обернено залежну від струму характеристику.

Друга вимога Правил устрою електроустановок (ПУЕ) передбачає, щоб виконувалася умова, де опір нульового провідника ( $r_n$ ) був не більшим за два рази опір фазного провідника ( $r_\phi$ ).

Зазвичай перша вимога виконується автоматично, і завдання організації занулення зводиться до правильного вибору опору нульового провідника. У цьому випадку перетин мідного або алюмінієвого захисного провідника повинен становити не менше 50% перетину фазного провідника. Для сталевих провідників рекомендується скористатися таблицями, що містять значення питомих опорів для різних значень  $I_z$ , які подані в Правилах устрою електроустановок (ПУЕ).

Щоб знизити опір ланцюга занулення, захисний нульовий провідник пов'язують з усіма заземленими металевими конструкціями. З'єднання плавких вставок і вимикачів з нульовим захисним провідником забороняється.

Електричні системи, які містять майже всю комп'ютерну техніку, становлять значну потенційну загрозу для людей, оскільки під час експлуатації або технічного обслуговування може виникнути ситуація, коли людина торкнеться ділянок, що перебувають під напругою.

Відповідно до Правил техніки безпеки (ПТБ) і Правил техніки електробезпеки (ПТЕ) для споживачів і обслуговуючого персоналу електроустановок встановлені наступні вимоги:

- особи, які не досягли 18-річного віку, не можуть бути допущені до робіт в електроустановках;
- особи не повинні страждати від каліцтв або хвороб, які можуть заважати їх виробничій діяльності;

- після проходження відповідної теоретичної та практичної підготовки особи мають пройти перевірку знань та отримати посвідчення на доступ до робіт в електроустановках.

Статичні розряди електрики часто виникають при контакті з будь-якими компонентами ЕОМ. Хоча такі розряди не є особливо небезпечними для людини, вони можуть призвести до пошкодження компонентів ЕОМ, крім того, вони можуть викликати неприємні відчуття. Для зменшення величини статичних зарядів важливо застосовувати одношаровий антистатичний лінолеум з полівінілхлориду для технологічного покриття підлоги.

Ще одним методом захисту є нейтралізація статичного заряду за допомогою іонізованого газу. У промисловості часто використовують радіоактивні нейтралізатори для цього. Загальними заходами захисту від статичної електрики є регулярне і місцеве зволоження повітря.

Під час роботи з комп'ютерами, зазвичай, користуються природним бічним освітленням. У випадках, коли цього недостатньо, встановлюється комбіноване освітлення, яке використовується як у темний, так і у світлий час доби.

Освітлення за характером завдань класифікується на робоче, аварійне та евакуаційне.

Раціональне використання кольорів у дизайні приміщень спрямоване на поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці, підвищення продуктивності та безпеки праці. Кольорове оформлення приміщень, де працюють користувачі комп'ютерів, впливає на їхню нервову систему, настрій і, в кінцевому підсумку, на ефективність роботи. Тому рекомендується вибирати кольорову палітру відповідно до кольорів технічних засобів. Освітлення приміщень і робочого обладнання має бути приємним для очей, без яскравого блиску. Детальний розрахунок штучного освітлення наведений у наступному розділі.

Зменшення шуму, що виникає на робочому місці внаслідок внутрішніх джерел і проникає ззовні, є важливим завданням. Для зменшення шуму від випромінювання внутрішніх джерел можна використовувати пружні прокладки між підставкою машини або приладу та опорною поверхнею. У якості таких

прокладок використовуються матеріали, такі як гума, повсть, пробка, а також амортизатори різної конструкції. Для підкладання під настільні шумогенеруючі пристрої можна використовувати м'які килимки з синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони розміщені, - прокладки з м'якої гуми, повсти або інших матеріалів, завтовшки 6-8 мм. Ці прокладки можна прикріпити до опорних частин, наприклад, за допомогою клею.

Раціональне організування простору та розташування обладнання є ключовим фактором, який сприяє зниженню рівня шуму при використанні наявного комп'ютерного обладнання.

## 5.2 Монтаж системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору

5.2.1 Вимоги щодо безпеки при монтажі та експлуатації мають відповідати вимогам "Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів" та "Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів" у частині, що стосується електроустановок до 1000 В.

5.2.2 При експлуатації, корпус пристрою для збору інформації має бути безпечно заземлений шляхом його кріплення до стійки.

5.2.3 При проведенні технічного обслуговування (ремонту) вузлів системи, температура жала паяльника під час лудіння і паяння мікросхем не повинна перевищувати + 260° С, а час паяння не має перевищувати 5 секунд. Жало паяльника повинно бути підключене до заземлення. Під час паяння обов'язкове застосування заходів для захисту корпусів мікросхем і транзисторів від попадання флюсу і припою.

5.2.4 Електропаяльник повинен живитися напругою, яка не перевищує 36 вольтів, та мати потужність не більше 40 ватт.

5.2.5 Розміщення вузлів у шафі КК 42.02 враховує зручність обслуговування під час налагодження та ремонту системи, а також можливість розширення функціональних можливостей за допомогою додаткових блоків. Ці

додаткові блоки включають у себе блоки вимірювання температури навколишнього середовища, блоки, що моніторять температурні режими у вуликах, погодні умови (такі як температура повітря, тиск, сила та напрямок вітру, наявність опадів) та інші.

У разі збільшеної вологості та наявності багато пилу в приміщенні, важливо належним чином підігнати ущільнювальні прокладки та заткнуті непотрібні отвори в корпусі шафи. Щоб уникнути високого рівня вологості всередині корпусу, рекомендується розмістити контейнер з хімічним осушувачем, який потрібно регулярно обслуговувати, щоб забезпечити його ефективну роботу та збереження функціональності.

Також слід віддати увагу правильному заземленню пристроїв, оскільки неналежне заземлення може спричинити додаткові похибки у вимірах вторинних приладів. Не рекомендується використовувати водопровідну або систему опалення в якості джерела заземлення [7].

### 5.3 Налагоджування системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору

Перевірку блоків потрібно проводити перед монтажем, під час профілактичного обслуговування і при виявленні пошкоджень під час роботи пристрою. Перевірці підлягають основні параметри роботи вторинного приладу, запис основних показників, варіація і поріг чутливості, робота механізму установки робочого струму, сигналізація про обривання в ланцюзі, рівень шуму на вході електронного підсилювача та температура деталей при тривалому функціонуванні. Перевірку приладів варто проводити за таких умов: температура навколишнього повітря  $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , напруга живлення не повинна відрізнятись більше ніж на  $\pm 3\%$  від номінальної, частота живлення  $50 \pm 0,5$  Гц і відсутність зовнішніх магнітних полів.

#### 5.4 Експлуатація системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору

При належній експлуатації, автоматичні електронні пристрої можуть надійно та безперервно працювати впродовж довгого періоду. Під час експлуатації пристроїв важливо забезпечити умови, які сприятимуть нормальному функціонуванню пристрою протягом всього терміну служби. Одним із важливих аспектів є підтримка стабільної напруги живлення мережі в межах допустимих значень.

При перевищенні температури понад 40°C, рекомендується підвищити вентиляцію у приміщенні. При низьких температурах важливо відслідковувати опалення приміщення. У приміщеннях, які схильні до пилу та високої вологості, важливо регулярно перевіряти стан ущільнювачів, а при застосуванні хімічних сушників необхідно контролювати їх ефективність [7].

Необхідно регулярно змащувати ті частини вузлів, які піддаються тертю. Терміни та методи змащення вказані в інструкціях. Під час експлуатації слід систематично проводити огляд та планово-попереджувальний ремонт приладів. Під час огляду блоки видаляються зі шафи і направляються до майстерні для видалення пилу та бруду за допомогою ганчірки та продування повітрям. Всі електропроводки перевіряються на надійність затискувачів. Після усунення усіх виявлених проблем та перевірки блоків на належну роботу, їх повертають у шафу.

## ВИСНОВКИ

Метою цієї бакалаврської роботи було покращення організації ведення пасічного господарства через створення комп'ютерно-інтегрованої системи для моніторингу стану бджолиних сімей. Головні цілі включали підвищення продуктивності роботи бджіл та поліпшення умов праці персоналу.

Під час виконання дослідження було проведено загальний огляд облаштування пасіки, в рамках якого розглянуто різноманітний інвентар, який використовується для роботи з бджолами, навіть ті, що використовуються для навощування рамок та відкачки меду. Також був детально проаналізований життєвий цикл бджолиної сім'ї, включаючи весняний, роїння, головний збір меду та зимовий періоди. Додатково, у роботі доведено важливість контрольної сім'ї та систематичного обліку показників контрольного вулика, цвітіння рослин, що медоносні, та інших важливих записів. Внаслідок проведеного огляду встановлено, що ручна праця в бджільництві є більш поширеною ніж автоматизація та механізація, вона займає провідне місце. Розроблені пристрої і апаратні засоби значно спрощують окремі трудомісткі операції для бджолярів. У зв'язку з широким застосуванням мікропроцесорної техніки та її зростанням доступності, для зменшення фізичного навантаження бджолярів можливо створювати та використовувати витратні, прості у використанні та обслуговуванні пристрої, що базуються на мікропроцесорах.

Для можливості автоматизації процесу контролю стану бджолиної сім'ї розглядалися різні засоби виявлення ройового стану бджіл. Це дало можливість вибрати простий та ефективний засіб, який використовується в розробленій системі. Огляд засобів визначення наповнення рамок медом під час медозбору також дозволив вибрати непоганий варіант. Незначна модернізація корпусів вуликів дозволить з використанням простого та доступного приладу контролювати кількість меду в кожному корпусі вулика, що значно зменшить трудовитрати на пасіці. Оскільки кожен вулик має свою вагу, складно застосувати ваги для кожного окремого вулика, тому контроль ваги без розбирання гнізд за допомогою одних вагів на великих пасіках є дуже витратним за часом. Використання вагів для контролю кількості меду,

збираного певною середньою силою бджіл у час взятку, дозволяє оцінити приблизну кількість меду. Однак нерівномірне заповнення медом вуликів та відсутність індивідуального контролю приросту меду перешкоджає плануванню відбору меду у найсильніших сімей. Як результат, мед з усіх вуликів пасіки збирається одночасно, що впливає на його якість. Сім'ї, що відстають у наборі меду, можуть не мати дозрілого меду, і їм доводиться витрачати багато зусиль на ліквідацію патьок меду та на наведення ладу у вулику. Це відволікає їх від роботи в час взятку, що може бути важливим. Як наслідок, бджоляр може не зібрати достатню кількість меду.

На основі дослідження наявних рішень та їх аналізу було обґрунтовано принципи побудови системи контролю стану бджолої сім'ї. Основною метою цієї системи є своєчасне сповіщення пасічника про вихід рою з певного вулика та надання інформації щодо ваги меду у вуликах. Система включає чутливі елементи, які реєструють вагу вулика, після чого сигнал підсилюється до необхідного рівня для введення у контролер, що відповідає за зчитування сигналу від датчика ваги. Також у системі присутній сенсор для виявлення виходу рою, сигнал якого також передається до контролера. Розроблено структуру даної системи та спроектовано її функціональні та електричні принципові схеми. Для підтвердження працездатності виробу були здійснені розрахунки трансформатора блока живлення мікроконтролера, випрямляча блока живлення контролера, а також проведені розрахунки надійності розробленої системи, погрішностей АЦП та нормуючого підсилювача. Для ефективного функціонування спроектованої системи відслідковування технологічних параметрів на пасіці в процесі медозбору розглянуті заходи з її монтажу, налагодження та експлуатації.

## Перелік скорочень, символів та спеціальних термінів

САР – система автоматичного регулювання;  
РДТ – резистивний датчик температури;  
КТЗ – комплекс технічних засобів;  
САК – система автоматичного керування;  
УПК – уніфікований пристрій керування;  
АЦП – аналого-цифровий перетворювач;  
ВБ – вимірювальний блок;  
ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач;  
МК – мікроконтролер;  
ОР – об’єкт регулювання;  
ПП – підсилювач потужності;  
ДТ – датчик температури;  
ЕРС – електрорушійна сила;  
ТУ – технічні умови;  
ІМС – інтегральна мікросхема;  
РЕА – радіоелектронна апаратура;  
ДНАОП – державні нормативні акти про охорону праці;  
СНіП – будівельні норми і правила;  
САННіП – санітарні норми і права;  
НДДКР – науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи;  
ПУЕ – правила улаштування електроустановок.

## Список літератури

1. Броварський В.Д., Багрій І.Г. Розведення та утримання бджіл.- К.: «Урожай», 1995.- 224 с.
2. Нестерводський В.А. Організація пасіки та догляд за нею. - Київ: Урожай, 1966-452 с
3. Нестерводський В.А. Зимівля бджіл. - Київ: Держ. видавництво с-г літератури. - 1952. - 84с.
4. Гостев В.И., Стеклов В.К. Системы автоматического управления с цифровыми регуляторами. – К.:”Радиоаматор” 1998. – 704 с.
5. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – К.: Либідь, 1997. – 544 с.
6. Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования. - Киев: “Наукова думка”, 1981. – 940 с.
7. Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования. - Киев: “Наукова думка”, 1981. – 940 с.