

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Навчально-науковий інститут електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)
Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

здобувача вищої освіти Медведєвої Вікторії Олександрівни
(П.І.Б.)

академічної групи 152-17-1
(шифр)

спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(офіційна назва)

на тему Система клімат-контролю у домашній теплиці
(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	доц. Глухова Н.В.			
Провідний консультант	ас. Гальченко Ю.М.			
Вимірювальні перетворювачі	ас. Гальченко Ю.М.			
Метрологічне забезпечення	ас. Гальченко Ю.М.			
Економічна частина	ст. викл. Дементьєва Н.В.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент	проф. Хілов В.С.			
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)

_____ Ткачовим В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра

здобувача вищої освіти Медведевої В.О. _____ академічної групи 152-17-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

за освітньо-професійною програмою 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна
техніка
(офіційна назва)

на тему Система клімат-контролю домашньої теплиці

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 12.04.2021 № 201-с.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Опис процесу вирощування овочевих культур у домашній теплиці. Опис параметрів, що впливають на врожай у домашній теплиці. Вибір контрольованих параметрів, що впливають на врожай у домашній теплиці.	05.05.2021 – 10.05.2021
Обґрунтування вибору засобів вимірювальної техніки. Складання вимірювальної схеми.	Вибір засобів вимірювальної техніки, що використовується для контролю обраних параметрів. Складання вимірювальної схеми.	08.05.2021 – 13.05.2021
Вимірювальні перетворювачі	Розробка віртуального приладу у середовищі Labview для дослідження статичної характеристики вимірювального перетворювача. Розрахунок нев'язок.	13.05.2021 – 20.05.2021
Метрологічне забезпечення	Розробка віртуального приладу у середовищі Labview для оцінювання невизначеності декількох груп вимірювань температури та вологості повітря у теплиці.	20.05.2021 – 30.05.2021
Охорона праці	Опис факторів, які впливають на людину під час роботи у теплиці	30.05.2021 – 06.06.2021
Економічна частина	Розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат.	30.05.2021 – 06.06.2021

Завдання видано _____

Дата видачі 05.05.2021

Дата подання до атестаційної комісії 18.06.2021

Прийнято до виконання _____

доц. Глухова Н.В.
(прізвище, ініціали)

Медведєва В.О.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи складається з: стр.61, рис.17, табл.7, джерел використаної літератури 34.

Актуальність теми: для забезпечення належної якості овочевої продукції, зрощеної тепличним методом, необхідне метрологічне забезпечення контролю параметрів навколишнього середовища – температури та вологості.

Мета роботи: Вдосконалення метрологічного забезпечення контролю температури та вологості повітря в теплиці.

Об'єкт розроблення: інформаційно-вимірювальна система параметрів мікроклімату теплиці.

Результати та їх новизна: за результатами вимірювань температури повітря в приміщенні теплиці визначено статичну характеристику терморезистивного перетворювача для подальшого провадження взаємодії ЗВ із САК параметрами мікроклімату, розроблено процедуру та оцінено значення невизначеності вимірювань температури та вологості.

Сфер застосування розробки: розробка САК параметрами мікроклімату теплиць.

Практична значимість дипломного проекту: точна метрологічна оцінка параметрів мікроклімату теплиці забезпечує коректне функціонування САК теплицею, що сприяє зрощенню високоякісного врожаю та скороченню долі непридатного.

Ключові слова: ТЕПЛИЦЯ, МІКРОКЛІМАТ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ, АПРОКСИМАЦІЯ, НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ, ПЕРЕТВОРЮВАЧ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ(САК).

Зміст

Вступ	4
1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ.....	6
1.1 Опис процесу вирощування овочевих культур у домашній теплиці. ...	6
1.2 Опис параметрів, що впливають на врожай у домашній теплиці.....	7
1.3 Об'єкт дослідження.....	9
1.4 Вибір теплиці.	13
1.5 Сучасні системи управління мікрокліматом у теплиці.	14
1.6 Вибір засобів вимірювальної техніки, що використовується для контролю обраних параметрів.	15
1.6.1 Характеристики приладів.....	15
Коштує цей прилад приблизно 4 500 грн та гарантія на монітор-логгер мікроклімату Walcom SR-510 6 місяців.....	21
1.7 Вибір приладу.	23
1.8 Технологічний процес вимірювальної схеми датчика температури і вологості.....	32
2 Вимірювальні перетворювачі.....	34
2.1 Принцип роботи термістора	34
Стабільність і точність.	34
2.3 Опис програми LabVIEW	36
2.4 Апроксимація.....	36
2.5 Види залежностей.....	38
- 2.5.1 Зняття статичної характеристики	39
2.5.2 Перевірка адекватності залежностей.....	41
3 МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	43
3.1 Будова і принцип роботи приладу Walcom НТ-2008	43
3.2 Формули розрахунку невизначеності вхідних величин	43
3.3 Методи оцінки невизначеності.....	45
3.4 Розробка віртуального приладу у середовищі Labview	45
4 Економічна частина кваліфікаційної роботи.....	48
4.1. Обґрунтування доцільності використання домашньої теплиці	48
4.2. Розрахунок капітальних інвестицій	48

Вимірювальний прилад Walcom HT-2008.....	49
Вимірювальний перетворювач ES-PU-1M - F&F.....	49
4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	50
4.3.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань	51
4.3.2 Розрахунок витрат на заробітну плату	52
4.3.3 Розрахунок витрат на єдиний соціальний внесок.....	52
4.3.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.....	52
4.3.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії	52
4.3.6 Визначення інших витрат.....	53
5.Охорона праці	54
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів у приміщенні автоматизованого робочого місця працівника	54
5.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці.....	55
5.2.1 Загальні вимоги з охорони праці для роботи у теплиці.....	57
5.3 Правила пожежної профілактики.....	58
Висновок	59
Список використаної літератури:.....	60

Вступ

В даний час значна частина овочів у магазинах та на ринках вирощена за допомогою теплиць. Для полегшення використання обладнання теплиці, в ній підключено датчик температури та вологи.

Актуальність теми дослідження обумовлена особливістю екологічного виробництва та вирішення проблем сучасного землеробства. Для забезпечення країни екологічними та якісними овочами.

Овочівництво – важлива галузь сільськогосподарського виробництва, що постачає населенню країни незамінні харчові та дієтичні продукти харчування. Овочі багаті на вітаміни, мінеральні речовини.

Овочеві культури вимогливі до факторів навколишнього середовища, від яких залежить їх ріст та розвиток. Всі ці фактори об'єднують у чотири групи:

- 1) кліматичні (світло, вологість, температура і склад повітря);
- 2) едафічні (грунт з його фізичними властивостями, вмістом вологи і елементів живлення);
- 3) біотичні (мікро- і макрофлора, взаємовплив рослин у посівах);
- 4) антропогенні (діяльність людини – застосування добрив, машин, пестицидів, забруднення атмосфери, пасинкування тощо).

Основою великого та якісного врожаю є система автоматичного керування мікрокліматом, оптимальна технологія підтримки задовільних кліматичних умов, тому що це підвищить врожайність на 17-20%, та зменшить енергоресурси завдяки чому зменшиться собівартість товару.

У визначення «мікроклімат» включається чотири основні показники: це температура повітря, вологість, кількість світла і рівень вуглекислого газу. Для управління цими параметрами теплиці обладнуються виконавчими вузлами: системою опалення, вентиляції, системою підживлення вуглекислими газом, системою контролю вологості. В даний час проводиться активне переобладнання теплиць, пов'язане з підвищенням вимог до теплиці, а значить з кількістю виконавчих вузлів: поділ контурів обігріву, переобладнання віконної

вентиляції, установка вентиляторів. І чим більше виконавчих вузлів має теплиця, тим важливіше для неї вибір системи автоматичної підтримки мікроклімату. Наприклад, одним з найбільш популярних параметрів управління є раціональне витрачання енергоресурсів. В даному випадку доцільніше активно використовувати нижні контури обігріву, тому що вони віддають найменше тепла зовнішньому середовищу.

Основою вирощування будь-якої культури є температурний режим в теплиці. Температурний режим теплиці регулюється системою опалення, системою вентиляції, системою підігріву ґрунту, системою випарного охолодження і зволоження повітря, і самими рослинами. Будівництво теплиці має, в першу чергу, оцінювати всі параметри середовища, які здійснюють вплив на даний об'єкт. На мікроклімат в теплиці мають вплив такі зовнішні фактори як: температура навколишнього середовища, вологість, кількість і тривалість сонячного освітлення і швидкість вітру. Це ті чинники, які враховуються при програмуванні управління теплицею. Сучасні теплиці можна вважати закритими об'єктами або напівзакритими.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Опис процесу вирощування овочевих культур у домашній теплиці.

Власна теплична конструкція на дачній або присадибній ділянці дає прекрасну можливість отримувати свіжі та екологічно чисті овочі цілий рік. До категорії найбільш затребуваних відносяться такі овочеві культури, як огірки, солодкий перець і томати, а також деякі ягідні і зелень.

Незважаючи на гадану простоту, вирощування овочів в теплиці вимагає дуже уважного ставлення до всіх етапів процесу.

Овочі, які живуть в одній теплиці, потребують особливо уважного догляду. Верхній шар ґрунту замінюється щороку, перед посадкою ґрунт проливається розчином мідного купоросу або марганцівки. Ґрунт удобрюється, в нього вноситься зола і невелика доза мінерального добрива (суперфосфату, сульфату калію).

Якщо в теплиці вирощується розсада, для неї краще виділити окрему ділянку. При пересадці саджанців на постійне місце проживання важливо переконатися, що вони повністю здорові. При виявленні личинок шкідників або ознак захворювань розсаду потрібно вилікувати і тільки потім переміщати в теплицю. Для спільного проживання більше підійдуть ранньостиглі гібриди. Вони урожайні, стійкі до хвороб. Для профілактики молоді посадки обробляють слабким розчином марганцівки, протягом зростання посадки обприскують Фітоспорін або іншими нетоксичними біо-препаратами. До початку похолодань необхідно виконати такі дії:

- обладнати зимову теплицю;
- конструктивні елементи, що забезпечують полив, освітлення, а також якісне опалення;
- забезпечити механізм вентилявання.

Також потрібно підготувати кілька сортів овочів для подальшого вирощування. Обов'язково необхідно детальніше ознайомитися з можливістю отримання врожаю в таких теплицях в зимовий період:

- постійно перевіряти щільність кожного кріплення і герметичність конструкції з полікарбонату;
- очистити усі механізми від забруднень;
- перевірити системи в теплиці на рівень працездатності.

Якщо до цього в теплиці вже вирощувалися якісь овочі, вся поверхня ґрунту, а також внутрішня частина самої теплиці обов'язково повинна бути продезинфікованою. Також потрібно зорати весь ґрунт приблизно на глибину 20 см. При цьому потрібно додавати приблизно по 1-2 відра спеціального компосту на 1 м².

В один час в теплиці можна вирощувати культурні рослини, які мають приблизно однакові вимоги до умов вирощування. Наприклад, у теплиці, зможуть одночасно рости перці і томати або перець і баклажани. Так як вони відносяться до сімейства пасльонових й у них майже однакові умови вирощування.

Також треба враховувати те, що одночасне вирощування овочів в теплицях по сусідству може бути несумісне. Це відбувається від того, що всі рослини різні і їм потрібен різний догляд, деяким потрібен рясний полив, а інші, навпаки, люблять сухий ґрунт, температура повітря комусь потрібна висока, а комусь не дуже. Щоб рослини вжилися разом, потрібно розсаджувати їх відповідно до режиму. В іншому випадку врожай буде знижений[18].

1.2 Опис параметрів, що впливають на врожай у домашній теплиці.

Для вдалого вирощування овочів в теплиця, повинні бути необхідні умови:

- оптимальна вологість;
- правильна температура вдень і вночі;

- достатня вентиляція;
- ґрунт, що містить всі необхідні добрива, мікроелементи та органічні речовини;
- правильний догляд.

Для досягнення таких результатів потрібно знати правила, як здійснювати вирощування овочів в теплиці, і при цьому дотримуватися технологію вирощування. Тільки тоді якість врожаю виправдає вкладені сили і засоби.

До контрольованих параметрів належать:

- Затемнення - теніста тканина із термостатичним контролем затіняє рослини автоматично;
- Опалення – опалювальні системи, що базуються на електриці, воді, газі та інш.;
- Вентиляція – відкриття або закриття фрамуг та вмикання вимикання вентиляторів;
- Досвічування – додаткові джерела світла;
- Охолодження – пониження температури повітря за допомогою кондиціонування повітря;
- Опрыскування – підвищення вологості.
- Дозування добрив – корисні речовини автоматично розподіляються по всій системі зрошення.
- Знищення шкідників – системи які автоматично розпиляють перитроїди.

У побуті використовують допоміжні системи контролю, завдяки отриманню економії ресурсів та покращених результатів. Після цього люди починають контролювати всі інші фактори одночасно.

Дотримання оптимальних режимів мікроклімату протягом росту овочевих культур, оптимальні терміни висіву й висаджування, внесення різних добрив – головні чинники, що забезпечують максимальну врожаність.

За об'єкт автоматизації було вибрано «домашню теплицю площею від 50 до 500 м²». Ця теплиця будується на індивідуальних ділянках для особистого споживання вирощуваної продукції.

1.3 Об'єкт дослідження.

При проектуванні та розробці комп'ютеризованої системи управління температурно-вологісним режимом у промислових теплицях, в першу чергу, необхідно враховувати для яких об'єктів вона призначена.

За технологією вирощування теплиці розрізняють:

- ґрунтові;
- стелажні.

Теплиці класифікують за кількома ознаками:

- технологія вирощування;
- розмір;
- будова каркасів.

За розміром розрізняють такі види теплиць:

- тепличні комплекси (від 0,5 га);
- фермерські теплиці (від 500 до 5000);
- домашні теплиці (до 500).

Тепличні комплекси – це теплиці площею від 0,5 га до декількох десятків га. У більшості випадків тепличні комплекси складаються з блоків. Кожен блок включає в себе групу теплиць. Головне призначення тепличних комплексів - це промислове виробництво сільськогосподарської продукції для забезпечення потреб населення. Обслуговуються тепличні комплекси професійними адміністративними, агрономічними і технічними службами. Основні вимоги до промислових теплиць і тепличних комплексів - це забезпечення необхідного асортименту продукції, висока врожайність, висока якість і низька собівартість продукції. Фермерські теплиці – це теплиці площею від 500 до 5000 . У більшості випадків фермерські теплиці використовуються для вирощування окремих сільськогосподарських культур з дрібногуртовим і роздрібним збутом.

Головне призначення фермерських теплиць - це допоміжна, а іноді і основна, зайнятість окремих сімей. Основні вимоги до фермерських теплиць - це забезпечення невеликого асортименту, отримання хорошої якості і прийнятної врожайності продукції та її низька собівартість. Домашні теплиці – це теплиці площею від 50 до 500 . У більшості випадків індивідуальні теплиці будуються на індивідуальних ділянках для особистого споживання вирощуваної продукції. Основні вимоги до домашніх теплиць - це забезпечення невеликого асортименту екологічно чистої сільськогосподарської продукцією і її низька собівартість.

За будовою каркасу розрізняють такі конструкції теплиць:

- аркова(рис 1.1);
- багатокутна(рис 1.2);
- куполоподібна(рис 1.3);
- одно- або двосхила прямокутна(рис 1.4).



Рисунок. 1.1 – Аркова теплиця

Основа такої споруди - арки, які від землі йдуть вертикально і лише ближче до середини поступово стають дугоподібними. Це дозволяє вирощувати середньо- і високорослі рослини навіть у самих стін, але для рослин індетермінантних (необмежених в зростанні) сортів краще використовувати іншу конструкцію

теплиці, або вибрати місце ближче до центру споруди. Великим плюсом цієї теплиці є те, що вона дуже легка і не вимагає ґрунтового фундаменту. В аروحної теплиці є ряд переваг перед скатними спорудами:

- завдяки своїй "обтічної" формі, така споруда більш стійка до поривів вітру;
- арочна теплиця має невелику поверхню, що відбиває, завдяки чому пропускає всередину більше світла;
- конденсат, що скупчується в аروحної теплиці, не капає на рослини, а стікає по стінах

Недолік аروحної конструкції - необхідність постійно зчищати взимку сніг з даху. Якщо цього не робити, теплиця може прогнутися або зовсім зламатися.



Рисунок. 1.2 – Багатокутна теплиця



Рисунок. 1.3 – Куполоподібна теплиця

Ще одна з сучасних тепличних розробок - це сферична теплиця. Завдяки створенню купола теплиці розміром в діаметрі 4 м² і площею 16 метрів при висоті 2,5 м це теплиця дуже зручна і практична для вирощування самих різних рослин. З одного боку купол досить складна інженерна конструкція - але з іншого боку купол або сфера це ідеальна геометрична фігура, до якої прагнуть всі природні геометричні об'єкти в нашій всесвіту. Тому застосування таких конструкції хоч і мало, але в подальшому ми будемо прагнути будувати не тільки малі сферичні теплиці, а й великі фермерські теплиці площею до 500 м² і висотою до 10 метрів в куполі.



Рисунок. 1.4 – Односкатна і двоскатна теплиці

Ці види теплиць ідеальні у випадках, коли на ділянці не мало місця для установки великої або арочної споруди. Односхилі теплиці найчастіше прилаштовують до південної або західної стіни будинку, потім обшивають полікарбонатом, поліетиленовою плівкою або остекляють. Такі теплиці встановлюють і окремо, як самостійна споруда, обшиваючи або склити з усіх боків. Односхилу теплицю можна прилаштувати не тільки до стіни будинку, але і до природного піднесенню: пагорба, крутим схилом, попередньо вертикально вирівнявши південну сторону. Але найбільш оптимальною вважається установка теплиці під стіною будинку або госпбудівлі, оскільки в цьому випадку тепло з приміщення буде надходити в теплицю і зберігатися в ній. Двосхила хороша тим, що її можна зробити практично з будь-яких матеріалів (бруса, старих віконних рам, металопрофілю і т.д.) і накрити чим завгодно (склом, полікарбонатом, плівкою, спанбондом). Взимку на похилій поверхні даху не скупчується сніг, тому ймовірність пошкодження каркаса зведена до мінімуму.

1.4 Вибір теплиці.

Проаналізувавши усі конструкції теплиць, найзручнішою для домашнього використання є аркова теплиця з полікарбонату. Конструкції з покриттям з полікарбонату характеризуються не тільки високою міцністю, але і низьким ступенем теплопровідності. Крім того, особливістю полікарбонату є прекрасна здатність і морозостійкість. Найчастіше використовуються теплиці з облаштуванням покриття із стільникового полікарбонату. Овочі в полікарбонатною теплиці вимагають особливої уваги і догляду.

Для цієї роботи вибрано теплицю від Київської фабрики «Грінхаус». Теплиця «Веган» 3*4 з оцинкованої квадратної труби з покриттям полікарбонатом Ston 4мм[18].



Рисунок. 1.4.1 – Аркова теплиця з полікарбонату

Каркас теплиці виготовлений з оцинкованої квадратної труби 20*20мм. 1 двері з кватиркою на одній стороні теплиці і кватирка на другій стороні (2-ю двері можна замовити опціонально).

У комплекті детальна інструкція зборки, елементи каркаса, 1 двері з кватиркою (2-я опціонально), кватирка, ручки, гачки, полікарбонат, якоря, кріпильний комплект, що складається з куточків, болтів та ін.

Термін експлуатації від 8 до 15 років, висока ступінь УФ-захисту.

1.5 Сучасні системи управління мікрокліматом у теплиці.

Мікроклімат – це особливий клімат у теплиці у якому пов'язані певні чинники, які впливають ріст та плодоношення рослин.

В ранні терміни ,бувають випадки занадто швидкого росту рослин, що надає шкоди врожаю.

Є чинники які на це впливають:

- надмірна кількість нітратного азоту у ґрунті;
- надмірна кількість вологи;
- різкі коливання температури та вологості повітря.

Зволоження повітря здійснюється розпиленням води через форсунки, полив ґрунту — через систему зрошення за допомогою насосів-дозаторів. Приплив сонячної радіації, як правило, не регулюється. Лише окремі конструкції теплиць передбачають розгортання під дахом теплозахисного екрану.

Система управління температурою ґрунту підтримує температуру теплоносія в системі підґрунтового обігрівання шляхом двопозиційного управління змішувачем клапаном.

1.6 Вибір засобів вимірювальної техніки, що використовується для контролю обраних параметрів.

У теплиці для полегшення роботи, а відповідно збільшення врожаю ми використовуємо прилад з датчиком температури та вологості.

Для вибору оптимального приладу для виміру температури і вологості домашньої теплиці, далі розглянуто характеристики цих приладів.

1.6.1 Характеристики приладів.

Монітор мікроклімату Walcom HT-2008 настінного кріплення



Рисунок. 1.1 – Лицьова панель приладу

Застосовується для контролю основних параметрів мікроклімату в повітрі (температура, відносна вологість, вуглекислого газу (CO₂) в повітрі) і оцінки якості повітря.

Особливості монітора мікроклімату Walcom HT-2008

-Простий у використанні.

- Одночасне відображення значень температури, відносної вологості і концентрації вуглекислого газу дає можливість оцінити рівень якості повітря всередині приміщення.
- Унікальний дизайн корпусу приладу, підійде до будь-якого інтер'єру.
- Використання адаптера живлення забезпечує безперервне функціонування приладу.
- Висока точність вимірювання основних параметрів мікроклімату, висока роздільна здатність і швидкий відгук.
- Наявність трьох великих кольорових світлодіодних цифрових дисплеїв для відображення показань вимірюваних величин.
- Кольорові піктограми відображають знаходження показань основних параметрів мікроклімату в межах норми або їх відхилення.
- Наявність звукової і світлової сигналізації з можливістю установки нижньої межі значення концентрації вуглекислого газу в повітрі сприяє своєчасному реагуванню на зміни параметрів мікроклімату і забезпечення належного рівня комфорту в приміщенні.

Застосування

Монітор мікроклімату Walcom HT-2008 використовується в приміщеннях, де існує необхідність моніторингу основних параметрів мікроклімату:

- житлові кімнати і квартири;
- теплиці;
- приватні будинки та дачі;
- склади і офіси;
- спортзали.

_Таблиця 1.1. Технічні характеристики Walcom HT-2008

Параметр	Значення
Режим відображення	LED (світлодіодний дисплей)

Діапазон визначення концентрації двоокису вуглецю (CO ₂) в повітрі	від 0 до 9999 ppm
Точність визначення концентрації двоокису вуглецю (CO ₂) в повітрі	70 ppm ± 3%
Роздільна здатність визначення концентрації двоокису вуглецю (CO ₂) в повітрі	1 ppm
Час очікування відповіді	менше 10 секунд
Повторюваність	± 20 ppm, ° C, ° F
Діапазон визначення температури повітря	від -40 до 12 °C (від -104 до 257 ° F)
Точність температури повітря	± 0,5°C/±0,6°F(від 10 до 55 C/ від 50 до 131°F)
Діапазон визначення відносної вологості повітря	від 0,1 до 99,9% RH
Точність відносної вологості повітря	± 3% RH при вологості від 20 до 80% RH і температурі 25°C
Джерело живлення	адаптер (AC: 22 В, DC: 9 В)
Умови експлуатації	температура - від 5 до 30 ° C
Вологість	від 0 до 85% RH
Термін служби сенсора	15 років при нормальних умовах експлуатації
Габаритні розміри	388 × 288 × 43 мм
Вага	2420 г

Коштує цей прилад 4 620 грн, гарантія на монітор мікроклімату Walcom HT-2008 складає 6 місяців.

Монітор-Логгер Walcom SR-510[15].



Рисунок. 1.2 - Walcom SR-510

Walcom SR-510 - багатофункціональний монітор-логгер для виявлення вуглекислого газу в навколишнє середовище. Прилад побудований за принципом поглинання інфрачервоного випромінювання, а також параметрів вологості і температури.

Монітор-логгер оснащений 3,2-дюймовим кольоровим TFT-дисплеєм і внутрішньою пам'яттю на 999 результатів вимірювань. Літієва акумуляторна батарея і окреме зовнішній зарядний пристрій забезпечують використання приладу більше 8000 годин зі стабільними результатами вимірювань.

Основні функції приладу: регулювання рівня і сигналу тривоги, запис даних про вимірювання в певному інтервалі часу, відображення дати і часу в режимі реального часу.

Області застосування монітора-Логгер Walcom SR-510

-Громадські місця: приміщення з великою кількістю людей (конференц-зали, аудиторії, виставкові зали, лікарні, універмаги, бари, готелі, аеропорти, залізничні вокзали, розважальні центри і т.д.). Walcom SR-510 використовують для контролю систем вентиляції та якості повітря в приміщенні, щоб гарантувати і зберегти здоров'я людей.

-Сільське господарство. Вуглекислий газ широко використовують для фотосинтезу рослин.

-Тваринництво. Якісний повітря потрібне для здорового росту тварин. Установка Walcom SR-510 на тваринницькій фермі може запобігти появі епідемій у тварин.

-Промисловість: контроль якості повітря при очищенні стічних вод, будівництво, фабрики, цехи, робота свердловин, обробка металу, виготовлення паперової маси і паперу, очищення та виробництво розчинників, очищення з низькою температурою, промисловість, що має пряме відношення до діоксиду вуглецю.

Особливості та переваги монітора-логгера Walcom SR-510:

-Багатопараметричний прилад для визначення CO₂, вологості і температури.

-Кольоровий 3,2 дюймовий TFT-дисплей.

-Внутрішня пам'ять зберігає 999 записів результатів.

-Літієва батарея забезпечує понад 8000 годин роботи пристрою зі стабільними результатами.

__ Таблиця 1.2. Технічні характеристики монітора-Логгер Walcom SR-510

Параметр	Показники
Діапазон вимірювань концентрації діоксиду вуглецю	0 ... 9999ppm
Коефіцієнт дозволу концентрації діоксиду вуглецю	1 ppm

Точність	$\pm 10\%$ від показань ± 40 ppm
Діапазон робочої температури	$-10 \dots + 60$ ° C ($-14 \dots 140$ ° F)
Діапазон робочої вологості	0...99%
Діапазон температур при зберіганні	$-40 \dots + 80$ ° C ($-40 \dots 176$ ° F)
Діапазон вимірювань температури	$-20 \dots + 60$ ° C ($-4 \dots 140$ ° F)
Точність вимірювання температури	± 1 ° C
Дозвіл при вимірюванні температури	0.01° C / ° F
Діапазон вимірювань вологості	0 ... 100 % RH
Точність вимірювання вологості	$\pm 2\%$ RH
Дозвіл при вимірюванні вологості	0.01% RH
Батарея живлення	вбудована батарея 3,7 В або зовнішнє джерело живлення 5 В через USB
Робочий струм	180 ... 300 mA
Термін служби акумулятора	2200 mA · год, здатний до безперервній роботі більше 9 годин
Тривалість зарядки	3:00години

Автоматичне відключення живлення	можливість установки автоматичного відключення вимкнення пристрою(По заводських налаштувань автоматичне відключення живлення через 15 хвилин)
Внутрішня пам'ять	999 значень
Вага	191грам
Гбарити	140x134x33мм

Коштує цей прилад приблизно 4 500 грн та гарантія на монітор-логгер мікроклімату Walcom SR-510 6 місяців.

Трансмітер вологості і температури DELTA OHM HD-49[16].



Рисунок. 1.3 - DELTA OHM HD-49

Трансмітери призначені для контролю показників температури і вологості в системах кондиціонування і вентиляції. Застосовуються в аптеках, музеях, чистих приміщеннях, вентиляційних каналах, промисловому і цивільному секторах, місцях зі значним скупченням людей, аудиторіях, спортивних залах, теплицях, на фермах і т.п.

Характеристики

До корпусу електронного трансмітера приєднується сталевий датчик.

Сталевий датчик AISI304: діаметром 14 мм і довжиною 135 мм.

Таблиця 1.3. Характеристики трансмітеру вологості і температури DELTA ОНМ HD-49

Тип датчика	ємнісний
Діапазон вимірювань	0 ... 100% RH
Тип входу	4 ... 20 mA (0 ... 100% RH), RL Max = (Vdc-12) /0.022, 22 mA за межами діапазону вимірювань
Точність	± 2% (10 ... 90% RH), ± 2.5% за межами діапазону вимірювань
Робоча температура для датчика	-20 ... + 80 ° C (стандартний діапазон) -40 ... + 150 ° C (розширений діапазон)
Тип датчика	NTC 10 kΩ (для стандартного діапазону) Pt100 клас А (для розширеного діапазону)
Діапазон вимірювань	-20 ... + 80 ° C (стандартний діапазон) -40 ... + 150 ° C (розширений діапазон)
Тип входу	4 ... 20 mA (-20 ... + 80 ° C), RL Max = (Vdc-12) /0.022 ,22 mA за межами діапазону вимірювань
Точність	± 0.3 ° C (0 ... 70 ° C); ± 0.4 ° C (-20 .. 0 ° C, +70 ... + 80 ° C)(стандартний

	діапазон) $\pm 0.3 \text{ } ^\circ \text{C}$ (розширений діапазон)
Джерело живлення	12 ... 40 В
Клас захисту	IP 66
Габарити	80x84x44 мм
Вага	340г

Коштує цей прилад 15 000 грн, гарантія на трансмітер вологості і температури DELTA OHM HD-49 – 1 рік.

1.7 Вибір приладу.

Щоб обрати найзручніший у використанні для даної теплиці прилад, у цій роботі використано *метод аналізу ієрархій*. [5]

Цей метод призводить до рішення проблеми за допомогою порівняння критеріїв та винайдення альтернативних характеристик.

Метод аналізу ієрархій (МАІ) розроблений Томасом Сааті (США) у 1970 році. Основними етапами методу є:

- визначення мети;
- виділення основних критеріїв та альтернатив;
- побудова ієрархії: дерево від мети через критерії до альтернативи;
- побудова матриці попарних порівнянь критеріїв по меті і альтернатив по критеріям;
- застосування методики аналізу отриманих матриць;
- визначення ваг альтернатив по системі ієрархії.

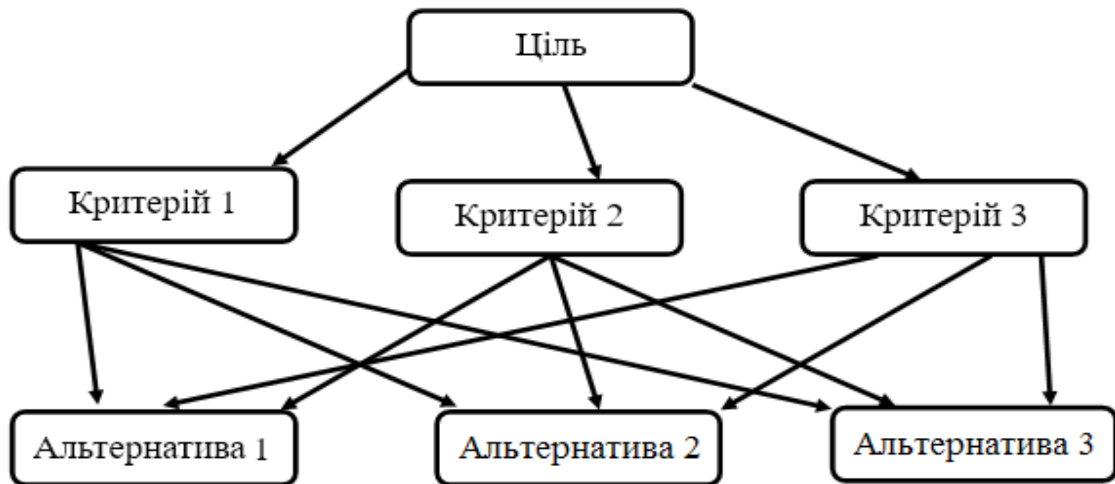


Рисунок. 1.4. – Схема методу аналізу ієрархії

Вибір приладу для виміру температури та вологості [12].

1.Мета: датчик температури та вологості у домашній теплиці.

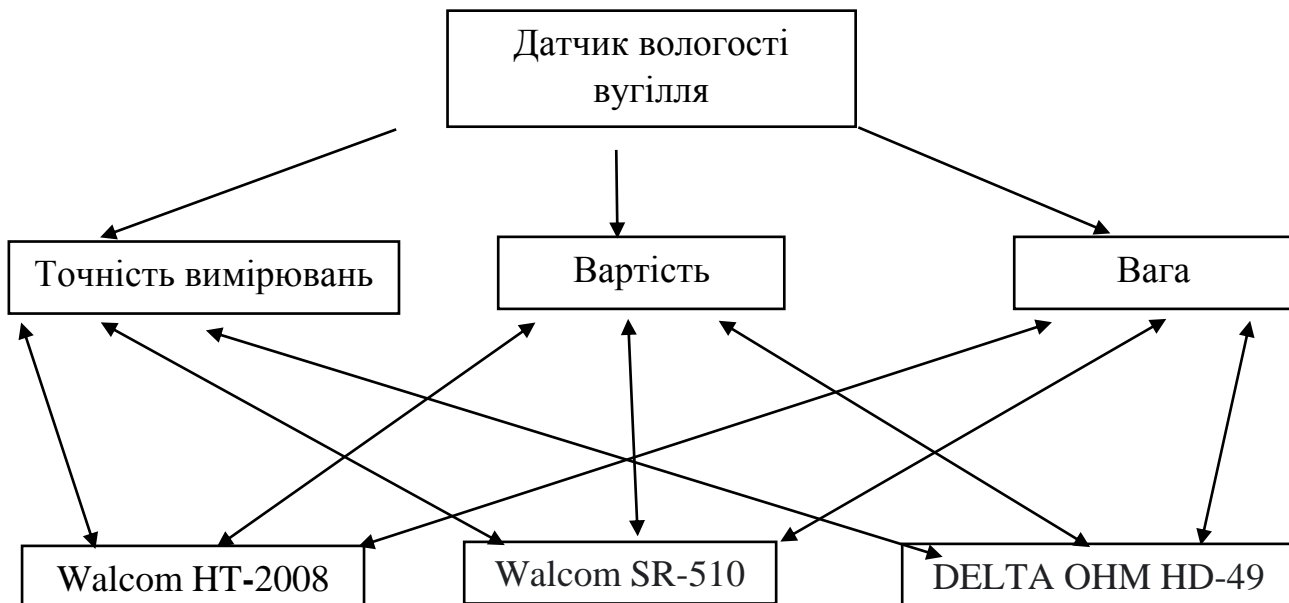
2.Основні критерії:

- точність вимірювання;
- вартість;
- вага приладу.

3.Основні альтернативи:

- Монітор мікроклімату Walcom HT-2008 настінного кріплення;
- Монітор-Логгер Walcom SR-510;
- Трансмітер вологості і температури DELTA OHM HD-49.

Побудова дерева альтернатив



Побудова матриці попарних порівнянь:

- однаково, байдуже = 1
- трохи краще (гірше) = 3 (1/3)
- краще (гірше) = 5 (1/5)
- значно краще (гірше) = 7 (1/7)
- принципово краще (гірше) = 9 (1/9)

При проміжному думці використовуються проміжні бали 2, 4, 6, 8.

Складаємо матрицю

$$a_{ji} = 1/a_{ij} \quad a_{ii} = 1 \quad (1.1)$$

	Точність вимірювань	Вартість	Вага
Точність вимірювань	1	3	5
Вартість	1/3	1	1
Вага	1/5	1	1

Побудова матриці.

Точність вимірювань	Walcom HT-2008	Walcom SR-510	OHM HD-49
Walcom HT-2008	1	5	8
Walcom SR-510	1/5	1	6
OHM HD-49	1/8	1/6	1

Вартість	Walcom HT-2008	Walcom SR-510	OHM HD-49
Walcom HT-2008	1	1/3	7
Walcom SR-510	3	1	8
OHM HD-49	1/7	1/8	1

Вара	Walcom HT-2008	Walcom SR-510	OHM HD-49
Walcom HT-2008	1	1/7	1/5
Walcom SR-510	7	1	3
OHM HD-49	5	1/3	1

Методика аналізу матриць:

Знаходимо суму елементів кожного з стовбців.

Ділимо всі елементи матриці на суму елементів відповідного стовпця:

$$A_{ij} = \frac{a_{ij}}{s_j} \quad (1.2)$$

a_{ij}	Точність вимірювань	Вартість	Вага
Вартість	1	3	5
Розмір	1/3	1	4
Вага	1/5	1/4	1
Сума	1,533	4,25	10

A_{ij}	Точність вимірювань	Вартість	Вага
Точність вимірювань	1/1,533	3/4,25	5/10
Вартість	0,333/1,533	1/4,25	4/10
Вага	0,2/1,533	0,25/4,25	1/10

Знаходимо середнє значення для кожного рядка:

A_{ij}	Точність вимірювань	Вартість	Вага	Ср. знач.
Точність вимірювань	0,750	0,706	0,5	0,652
Вартість	0,217	0,235	0,4	0,284
Вага	0,130	0,059	0,1	0,096

Проміжний висновок:

	Вага в частках	Вага у відсотках
Точність вимірювань	0,652	65,2%
Вартість	0,284	28,4%
Вага	0,096	9,6%

Точність вимірювань:

Точність вимірювань	Walcom HT-2008	Walcom SR-510	OHM HD-49
Walcom HT-2008	1	5	8

Walcom SR-510	1/5	1	6
OHM HD- 49	1/8	1/6	1
Сума	1,325	6,167	15

Точність вимірювань	Walcom HT-2008	Walcom SR-510	OHM HD-49
Walcom HT-2008	1/1,325	5/6,167	8/15
Walcom SR-510	0,2/1,325	1/6,167	6/15
OHM HD- 49	0,125/1,325	0,167/6,167	1/15

Точність вимірювань	Walcom HT- 2008	Walcom SR- 510	OHM HD-49	Ср.знач
Walcom HT-2008	0,755	0,811	0,533	0,7
Walcom SR-510	0,151	0,162	0,4	0,238
OHM HD-49	0,094	0,027	0,067	0,063

Точність вимірювань	Вага в частках	Вага у відсотках
ь		

Walcom HT-2008	0,7	70%
Walcom SR-510	0,238	23,8%
OHM HD- 49	0,063	6,3%

Вартість:

Вартість	Walcom HT-2008	Walcom SR-510	OHM HD-49
Walcom HT-2008	1	1/3	7
Walcom SR-510	3	1	8
OHM HD-49	1/7	1/8	1
Сума	4,143	1,458	16

Вартість	Walcom HT-2008		Walcom SR-510	OHM HD-49
Walcom HT-2008	1/4,143		0.333/1,458	7/16
Walcom SR-510	3/4,143		1/1,458	8/16
OHM HD-49	0,143/4,143	0,125/1,458	1/16	

Вартість	Walcom HT- 2008	Walcom SR- 510	OHM HD-49	Ср.знач

Walcom HT-2008	0,241	0,228	0,438	0,302
Walcom SR-510	0,724	0,686	0,5	0,637
OHM HD-49	0,035	0,772	0,063	0,29

Вартість	Вага в частках	Вага у відсотках
Walcom HT-2008	0,302	30,2%
Walcom SR-510	0,637	63,7%
OHM HD-49	0,29	2,9%

Bara:

Bara	Walcom HT-2008	Walcom SR-510	OHM HD-49
Walcom HT-2008	1	1/7	1/5
Walcom SR-510	7	1	3
OHM HD-49	5	1/3	1
Сума	13	1,476	4,2

Bara	Walcom HT-2008	Walcom SR-510	OHM HD-49
Walcom HT-2008	1/13	0,143/1,476	0,2/4,2

Walcom SR-510	7/13	1/1,476	3/4,2
OHM HD-49	5/13	0,333/1,476	1/4,2

Варіант	Walcom HT-2008	Walcom SR-510	OHM HD-49	Ср.знач
Walcom HT-2008	0,077	0,097	0,048	0,074
Walcom SR-510	0,538	0,677	0,714	0,643
OHM HD-49	0,385	0,226	0,238	0,849

Варіант	Вага в частках	Вага у відсотках
Walcom HT-2008	0,074	7,4%
Walcom SR-510	0,643	64,3%
OHM HD-49	0,849	84,9%

Визначення ваг альтернатив:

Варіант	Точність приладу	Вартість	Вага
Walcom HT-2008	0,7	0,302	0,074
Walcom SR-	0,238	0,637	0,643

510			
ОНМ HD-49	0,063	0,29	0,849

	Точність приладу	Вартість	Вага
Вага в частках	0,652	0,284	0,096

$$\begin{pmatrix} 0,7 & 0,302 & 0,074 \\ 0,238 & 0,637 & 0,643 \\ 0,063 & 0,29 & 0,849 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,652 \\ 0,284 \\ 0,096 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,549 \\ 0,398 \\ 0,205 \end{pmatrix}$$

	Вага в частках	Вага у відсотках
Walcom HT-2008	0,549	54,9%
Walcom SR-510	0,398	39,8%
ОНМ HD-49	0,205	20,5%

Отже, за допомогою методу аналізу ієрархії було встановлено, що прилад Walcom HT-2008 найоптимальніший для використання у цій теплиці.

1.8 Технологічний процес вимірювальної схеми датчика температури і вологості.

Датчик температури LM35 дозволяє дуже просто отримувати значення температури. Для цього потрібно мати свідчення з аналогового виведення, зробити нескладні математичні обчислення і отримати готовий результат.

Точність складає майже 0.75-1 градусів. Інтервал показань від -55 до +150. Але в більшості випадків використовуються показання від 0 до 105.

2 Вимірювальні перетворювачі

2.1 Принцип роботи термістора

Термістор - це прилад, призначений для вимірювання температури, який складається з напівпровідникового матеріалу, який при невеликій зміні температури сильно змінює свій опір. Як правило, термістори мають негативні температурні коефіцієнти, тобто їх опір падає зі збільшенням температури.

Стабільність і точність.

Ці прилади є хімічно стабільними і не погіршують свої робочі характеристики з часом. Термістори - датчики є одними з найбільш точних приладів для вимірювання температури. Точність їх вимірювання у всьому робочому діапазоні складає $01 - 02 \text{ } ^\circ\text{C}$. Слід мати на увазі, що більшість приладів працює в температурному діапазоні від $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ до $100 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Цей прилад є точним і зручним у використанні сенсор будь-яких температурних змін. У загальному випадку існує два типи термісторів: з негативним температурним коефіцієнтом і з позитивним. Найчастіше для вимірювання температури використовують саме перший тип.

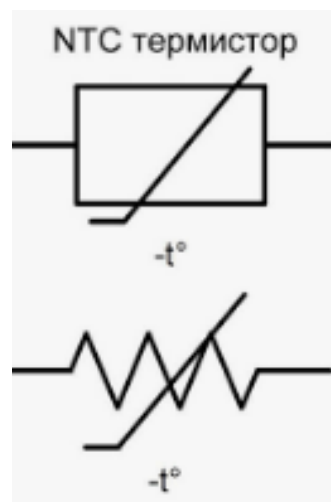


Рисунок 2.1 Термістор

Ємнісні датчики - перетворювачі параметрів. Їх робота полягає в зміні ємнісного опору шляхом зміни вимірюваного параметра. Ємнісний датчик перетворює такі величини, як вологість, тиск, сила механічного впливу, рівень рідини в зміна електричної ємності.

Ємнісні датчики використовуються в різних сферах виробництва і діяльності людини. Вони застосовуються в управлінні технологічними процесами і системах регулювання у всіх промислових виробництвах. Сьогодні найбільш популярними датчиками стали датчики присутності, які є надійними конструкціями. Вони мають невисоку ціну, і широкий спектр напрямків по використанню.

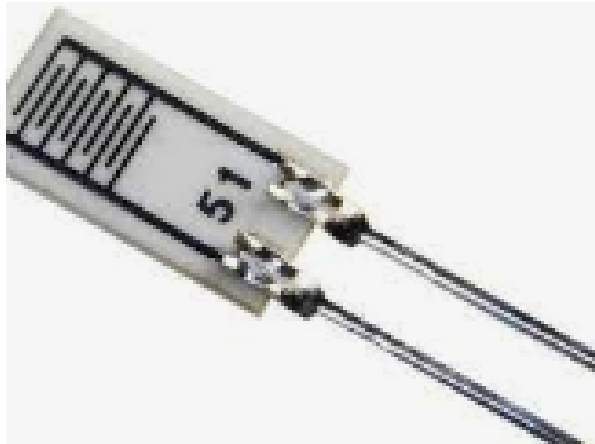


Рисунок 2.2 Ємнісний датчик

Принцип роботи електронного ємнісного датчика побудований на зміні ємності плоского або циліндричного конденсатора в залежності від переміщення однієї з обкладок. Також враховується такий показник як діелектрична проникність середовища між обкладок. Одна з переваг подібних пристроїв – дуже проста конструкція, яка дозволяє досягти хороших показників міцності і надійності. Ємнісні датчики широко використовуються в найрізноманітніших галузях. Прості у виготовленні прилади відрізняються низькою собівартістю виробництва, при цьому мають тривалий термін експлуатації і високою чутливістю. Залежно від виконання пристрою діляться на одноємкостні і дух'ємкостні. Другий варіант більш складний у виготовленні, але відрізняється підвищеною точністю вимірювань. Найбільш часто ємнісні датчики використовують для вимірювання лінійних і кутових переміщень, причому пристрій розроблений таким чином може відрізнитися в залежності від методу вимірювання (змінюється площа електродів, або зазор

між ними). Для вимірювання кутових переміщень використовують датчики зі змінною площею обкладок конденсатора. Також ємнісні перетворювачі використовують для вимірювання тиску. Конструкція передбачає наявність одного електрода з діафрагмою, яка під дією тиску згинається, змінюючи ємність конденсатора, що фіксується вимірювальною схемою. Таким чином, ємнісні вимірювачі можуть використовуватися в будь-яких системах управління і регулювання. В енергетиці, машинобудуванні, будівництві зазвичай використовують датчики лінійних і кутових переміщень. Ємнісні перетворювачі рівня найбільш ефективні при роботі з сипучими матеріалами і рідинами, і часто використовуються в хімічній і харчовій промисловості. Електронні ємнісні датчики застосовуються для точного вимірювання вологості повітря, товщини діелектриків, різних деформацій, лінійних і кутових прискорень, гарантуючи точність показників в самих різних умовах.

2.3 Опис програми LabVIEW

Середовище LabVIEW відноситься до графічних функціонально-орієнтованих прикладних програмних пакетів для систем автоматизації вимірювань.

LabVIEW забезпечує:

- обмін інформацією з зовнішніми вимірювальними, керуючими пристроями та приладами-спостерігачами;
- аналіз та обробку отриманої вимірювальної інформації;
- збір, зберігання та передачу (у тому числі в мережах) інформації;
- підтримку математичного експерименту (роботу з віртуальними інструментами);
- забезпечення інтерфейсу користувача інформаційно-вимірювальних систем.

2.4 Апроксимація

Апроксимація - метод, що полягає в заміні одних об'єктів іншими, в якомусь сенсі близькими до вихідних, але більш простими. Апроксимація дозволяє

досліджувати числові характеристики і якісні властивості об'єкта, зводячи завдання до вивчення більш простих або більш зручних об'єктів[9].

Мета апроксимації даних – встановити максимально приблизну функціональну залежність, так як вони можуть бути розкидані як завгодно.

У цій роботі розглянуті такі види апроксимацій, як: лінійна, експоненціальна, логарифмічна, степенева, поліноміальна.

У програмі реалізована обробка характеристики за допомогою лінійної, логарифмічної, експоненціальної, ступіневої та поліноміальної апроксимації.

Під статичною характеристикою вимірювального перетворювача вважають його функцію перетворення, що встановлює зв'язок між вхідною x та вихідною y величиною перетворювача:

$$y = f(x) \quad \#(2.1)$$

Вихідна величина може залежати не тільки від вимірюваної величини, а й від деяких інших факторів, наприклад від вібрації, напруги живлення, температури та вологості середовища тощо:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad \#(2.2)$$

Функція лінійної апроксимації:

$$y = a + S_x \cdot x \quad \#(2.3)$$

де a – постійна складова; S_x – тангенс кута нахилу прямої.

Функція логарифмічної апроксимації:

$$y = a + s \cdot \ln(x) \quad \#(2.4)$$

Функція експоненціальної апроксимації:

$$y = a + e^{sx} \quad \#(2.5)$$

Функція ступіневої апроксимації:

$$y = a + bx^k \quad \#(2.6)$$

де b, k – постійні числа.

Для оцінки якості виконання апроксимації використовується максимальна нев'язка, тобто абсолютна похибка апроксимації.

$$\Delta_{max} = \max |f_a(x_i) - y_i| \quad (2.7)$$

2.5 Види залежностей

-Лінійна залежність.

Припустимо між даними (x_i, y_i) існує лінійна залежність. Тоді її необхідно шукати у вигляді $y=ax+b$, де a та b невідомі.

-Квадратична залежність.

Шукатимемо емпіричну формулу у вигляді : $y=ax^2+bx+c$, де a, b та c – невідомі. [13]

Емпіричні залежності. Для обчислення невідомих емпіричних залежностей необхідно виконати зведення залежностей до лінійних.

-Степенева залежність:

Даний спосіб ефективно використовується в випадках інтенсивної зміни даних функції. Важливо врахувати, що цей варіант застосовується лише за умови, що функція і аргумент не приймають негативних або нульових значень.

-Показникова залежність:

-Логарифмічна залежність:

-Гіперболічна залежність:

-Дробово-лінійна залежність:

-Раціональна дробова залежність:

Для визначення статичної характеристики(наближеної функціональної залежності) між температурою повітря та опором датчика виконана апроксимація експериментальних даних із застосуванням програмного пакету NI LabView.

У якості статичної характеристики прийнята показникова залежність, оскільки критерій достовірності такої апроксимації набуває найбільшого значення – 0,998.

Статична характеристика датчика температури має наступний вигляд:

$$Y = 60265,5 * 0,89^x \quad (3.2)$$

Статична характеристика датчика вологості має наступний вигляд:

$$Y = 803654,8 * 0,9^x \quad (3.3)$$

- 2.4 Зняття статичної характеристики

На лицьовій панелі отримуємо:

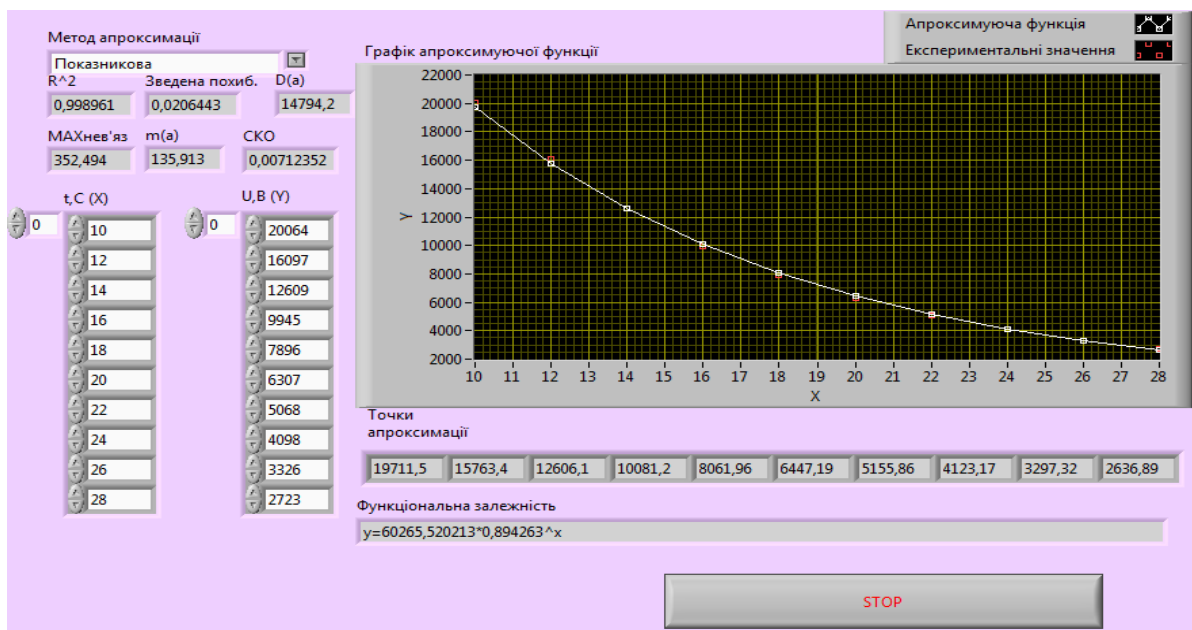


Рисунок 2.1 - Інтерфейс користувача(температура)

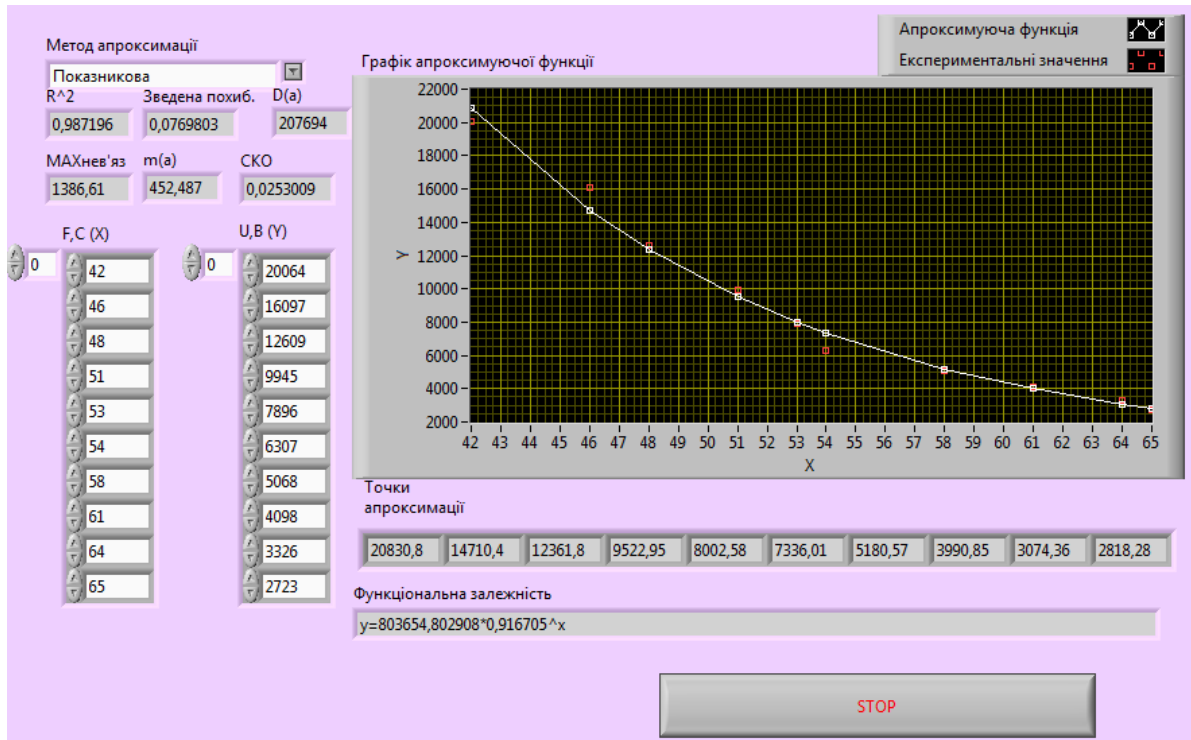


Рисунок 2.2 - Інтерфейс користувача(вологість)

На лицьовій панелі віртуального приладу розташовані органи вводу та виводу даних. До органів вводу відносяться:

- масив вводу результатів вимірювань температури та окремо – для результатів вимірювань вологості;
- масив вводу значень невизначеності приладу (калібрувальної характеристики) за температуро та вологістю окремо;
- масиви виводу результатів розрахунків у вигляді бюджету невизначеності вимірювань температури та вологості.

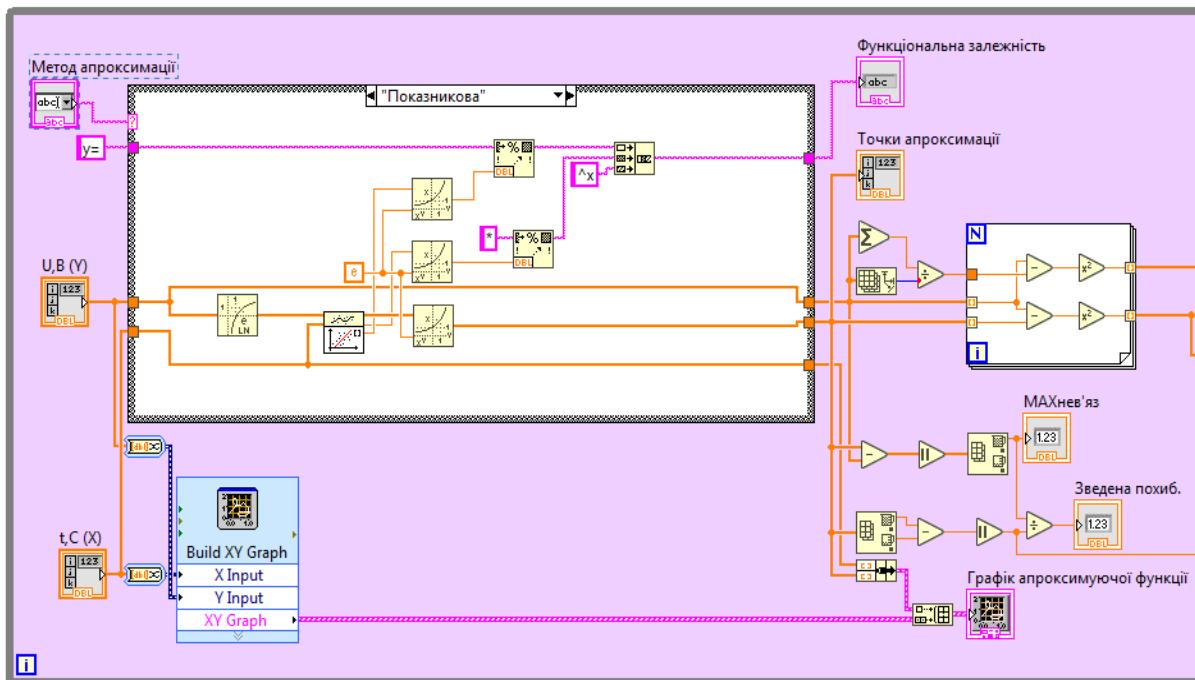


Рисунок 2.2 Блок-діаграма

Графіком статичної характеристики є відношення вхідної і вихідної характеристики. Блок-діаграма містить в собі функції апроксимації статичної характеристики, вивід графіку статичної характеристики, вивід графіку апроксимації та знаходження нев'язок та розрахунок суми нев'язок.

2.5.2 Перевірка адекватності залежностей

Достовірність розраховується за формулою:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y_i - Y(a)_i)^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}$$

де: $Y(a)_i$ - апроксимоване i -те значення функції;

Y_i – i -те значення функції;

\bar{Y} – найкраща оцінка (середнє арифметичне) значення Y .

На заданому відрізку вибирають дві точки з координатами (x_1, y_1) та (x_n, y_n)

Потім залежно від типу емпіричної формули обчислюються \bar{X}_S та \bar{Y}_S , а далі для

значень \bar{X}_S знаходять відповідне значення Y_S^* за відповідною

формулою. Якщо ця різниця велика, то формула не підходить. Формула, для якої ця різниця мінімальна, і буде найбільш придатною для використання в

якості емпіричної формули для опрацювання отриманих табличних значень даної функції[7].

3 МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Будова і принцип роботи приладу Walcom HT-2008



Рисунки. 2.3.Монітор мікроклімату Walcom HT-2008

При зростанні температури – зростає опір датчика та змінюється напруга(або сила струму), значення перетворюється з АЦП у байт-код. Код відображається на екрані. Основні функції приладу: регулювання рівня і сигналу тривоги, запис даних про вимірювання в певному інтервалі часу, відображення дати і часу в режимі реального часу.

3.2 Формули розрахунку невизначеності вхідних величин

Для оцінки достовірності результатів вимірювань необхідно розрахувати невизначеність вимірювань температури та вологості. Розширена невизначеність вимірювань характеризує інтервал навколо оцінки вихідної величини, в якому із заданою ймовірністю розташовуватиметься більша частина розподілу результатів вимірювань. Розширена невизначеність вимірювань температури визначається за формулою:

$$U = k \cdot u_c(T) \quad (3.1)$$

де k -коефіцієнт охоплення, який визначається за довідковим джерелом для заданої довірчої ймовірностей та числа ступеней свободи;

Для зручності методи визначення стандартних складових сумарної невизначеності температури то вологості зведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Складові стандартної сумарно невизначеності вимірювань температури T і вологості F .

Характеристика складової невизначеності	Метод розрахунку	Закон розподілу
Стандартна невизначеність, обумовлена випадковим фактором при багатократних (n) вимірюваннях температури T	$u_A(T_n) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n(n-1)}}$ <p>де \bar{T} – середня оцінка n вимірювань температури T</p>	нормальний
Стандартна невизначеність, обумовлена внеском похибки приладу ΔT за температурою	$u_B(T) = \frac{\Delta T}{\sqrt{3}}$ <p>де ΔT – похибка приладу при вимірюванні температури</p>	рівномірний
Стандартна невизначеність, обумовлена обмеженою роздільною здатністю q_T приладу при відліку показів температури	$u_B(T) = \frac{\Delta T}{2\sqrt{3}}$ <p>де q_T – одиниця молодшого розряду індикатора</p>	рівномірний
Стандартна невизначеність, обумовлена випадковим фактором при багатократних (n) вимірюваннях вологості F	$u_A(F_n) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2}{n(n-1)}}$ <p>де \bar{F} – середня оцінка n вимірювань вологості F</p>	нормальний
Стандартна невизначеність, обумовлена внеском похибки приладу ΔF за вологістю	$u_B(F) = \frac{\Delta F}{\sqrt{3}}$ <p>де ΔF – похибка приладу при вимірюванні вологості</p>	рівномірний
Стандартна невизначеність, обумовлена обмеженою роздільною здатністю індикатора при відліку показів вологості	$u_B(F) = \frac{\Delta F}{2\sqrt{3}}$ <p>де q_F – одиниця молодшого розряду індикатора</p>	рівномірний

3.3 Методи оцінки невизначеності

Невизначеність вимірювань – це параметр, зв'язаний з результатами вимірювань, який характеризує розсіювання значень, що можуть бути обґрунтовано приписані вимірюваній величині. Для кількісного представлення існує три її види: стандартна невизначеність (тип А і тип Б – за способом обчислення), сумарна невизначеність, розширена невизначеність, відносна невизначеність (за способом вираження).

Стандартна невизначеність типу А – це невизначеність, яка обчислюється статистичними методами обробки результатів багаторазових вимірювань; стандартна невизначеність типу Б – невизначеність, яка обчислюється за деякою апріорною інформацією.

Сумарна стандартна невизначеність (u_c) – це стандартна невизначеність результату непрямих вимірювань.

Розширена невизначеність (U) – це величина, що визначає інтервал, у границях якого знаходиться більша частина результатів непрямих вимірювань, які з достатньою підставою можуть бути приписані вимірюваній величині.

Аналіз невизначеності вимірювань, який часто також називається бюджетом невизначеності, повинен містити список всіх джерел під час вимірювання разом із приналежними їм стандартними невизначеностями вимірювань і даними про те, як вони були отримані.

3.4 Розробка віртуального приладу у середовищі Labview

Для автоматизації розрахунків розроблено програму обробки результатів вимірювань із застосуванням пакету NI LabVIEW.

На лицьовій панелі віртуального приладу розташовані органи вводу даних.

До органів вводу відносяться:

- масив вводу результатів вимірювань температури та окремо – для результатів вимірювань вологості;

-масив вводу результатів значень невизначеності приладу(калібрувальної характеристики) за температурою та окремо – за вологістю;

-масиви виводу результатів розрахунків у вигляді бюджету невизначеності вимірювань температури та вологості.

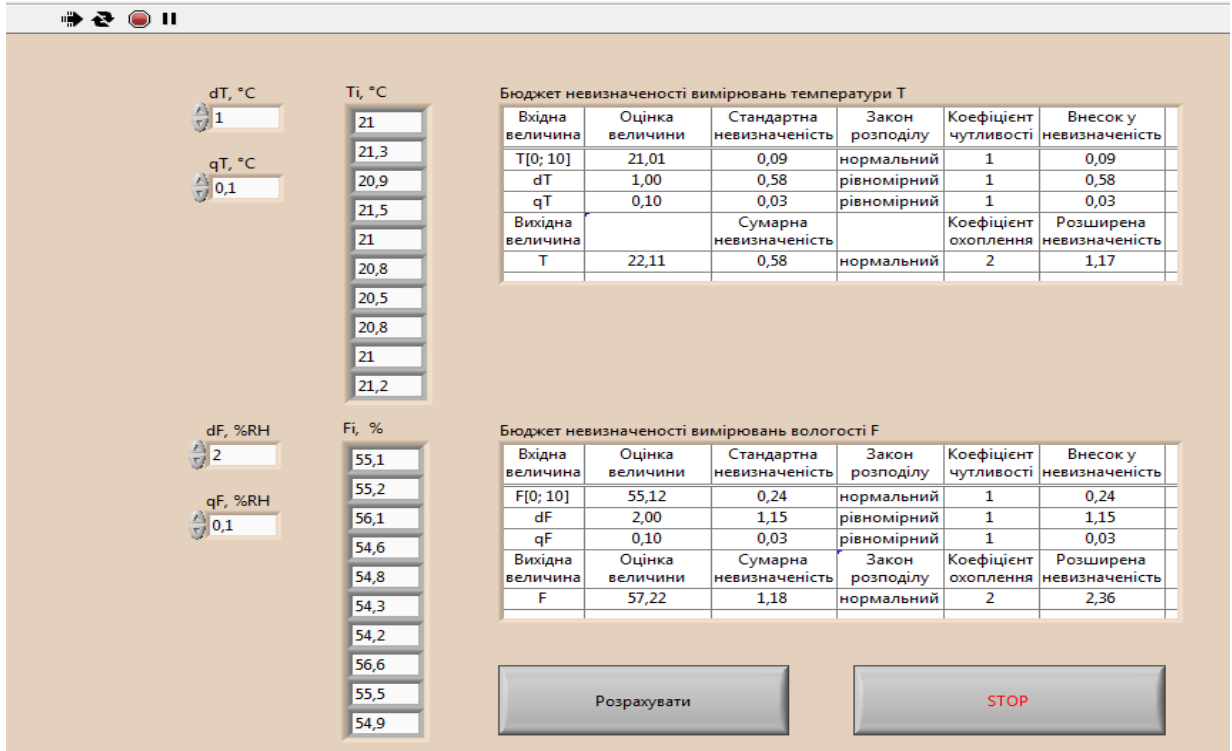


Рисунок 4.1-Інтерфейс користувача

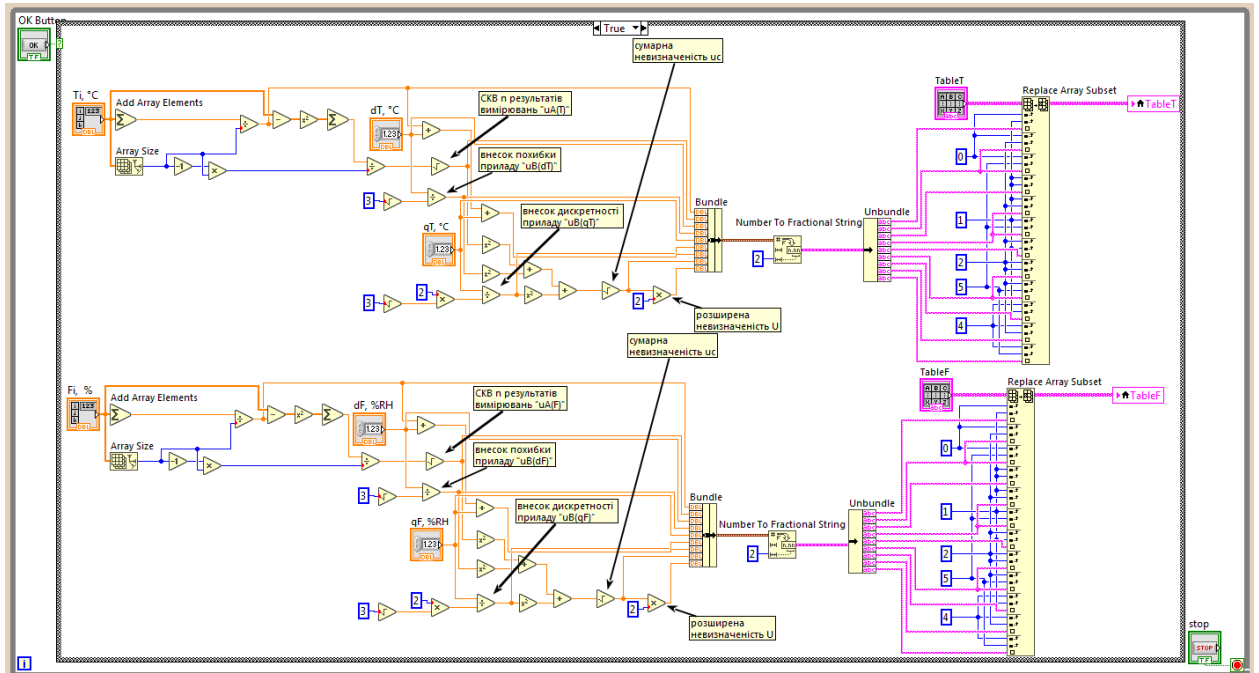


Рис 4.3-Блок-діаграма програми

Практично розповсюдженим способом оцінки внеску стандартних складових невизначеності вимірювань у сумарну невизначеність є складання бюджету невизначеності. До таблиці 3.2 занесені результати розрахунків, виконаних в описаній вище програмі LabVIEW.

Програма представлена наступними органами вводу – полями для зазначення похибки та дискретності приладу за вимірюваннями і температури і вологості, масивами вводу результатів вимірювань температури та вологості та кнопками «Розрахувати» для виконання розрахунків і «Стоп» для завершення роботи віртуального приладу. Розрахунки виконуються за описаною вище методикою, а результати розрахунків відображаються у відповідних таблицях – бюджетах невизначеності.

4 Економічна частина кваліфікаційної роботи

4.1. Обґрунтування доцільності використання домашньої теплиці

У даній кваліфікаційній роботі описується процес дослідження та вибір оптимальної техніки, а саме датчик температури та вологи.

Для здійснення запропонованого технічного рішення в даному розділі буде виконано розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат.

4.2. Розрахунок капітальних інвестицій

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

При визначенні величини проектних капіталовкладень K_{np} можна скористатися формулою:

$$K_{np} = K_{об}(\sum_{i=1}^k C_i) + Z_{мзс} + Z_m + Z_n + Z_{np}, \quad (4.1)$$

де $K_{об}(\sum_{i=1}^k C_i)$ – вартість придбання електрообладнання (програмного забезпечення, засобів повірки) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів $i - go$ виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

k – кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{мзс}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати;

Z_m – витрати на монтажні роботи;

Z_n – витрати на налагоджувальні роботи;

Z_{np} – інші одноразові вкладення грошових коштів.

Витрати на придбання технічних засобів та комплектуючих виробів зведені до табл. 4.2.1.

Таблиця 4.2.1 - Зведення капітальних витрат

№ з/п	Найменування комплектуючих виробів	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн	Обґрунтування
1	Вимірювальний прилад Walcom HT-2008	1	4620	4620	[25]
2	Вимірювальний перетворювач ES-PU-1M - F&F	1	1845	1845	[27]
3	Джерело живлення Аxioma Energy ISPWM 1000 ШИМ	1	5672	5672	[28]
	ВСЬОГО			12137	

Транспортно-заготівельні і складські витрати Z_{mzc} у цій роботі дорівнюють нулю, тому що вартість включена до ціни обладнання і здійснюється за рахунок виробника[24].

Витрати на монтаж розраховано за формулою:

$$Z_n = \sum(C_i \cdot a_i \cdot K_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np}, \quad (4.2)$$

де $C_i = 1$ – чисельність працівників 5 розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних робіт;

a_i – годинна тарифна ставка монтажника 5 розряду = 112,5 грн.(відповідно до фінансової звітності, за перший квартал 2021 року, підприємства «ATISA»)[30];

$t_i = 6$ – час, необхідний для виконання монтажу, год.;

$K_\partial = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{см} = 1,22$ – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок (зроблено з фінансової звітності підприємства)[31];

$K_{np} = 1,05$ – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних робіт.

Таким чином витрати на монтажно-налагоджувальних роботи становлять:

$$= (1 \cdot 112,5 \cdot 6) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 952 \text{ грн.}$$

Інші одноразові вкладення грошових коштів Z_{np} відсутні, тому не будуть враховуватись у розрахунку.

$$Z_{np} = 0 \text{ грн.}$$

Отже, загальний розмір капітальних витрат дорівнюватиме:

$$K_{пр} = 12137 + 952 = 13089 \text{ грн}$$

4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за визначений період (наприклад, рік), що виражені у грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню та енергомережам відносяться:

- амортизаційні відрахування (C_a).
- заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_z).

- єдиний соціальний внесок (Cс).
- витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж (Ст).
- вартість електроенергії, що буде спожита об'єктом проектування або втрат електроенергії (Се).
- інші витрати (Сін).

$$C = C_a + C_z + C_c + C_{спр} + C_e + C_{ін} \text{ грн} \quad (4.3)$$

4.3.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Строк корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів і нематеріальних активів визначається підприємством самостійно, виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання.

Система клімат-контролю складається з вимірювального приладу Walcom HT-2008, вимірювального перетворювача ES-PU-1M - F&F та джерела живлення Ахіота Energy ISPWM 1000 ШИМ, та представляє собою єдину систему клімат-контролю та відноситься до групи 6, мінімально допустимого терміну корисного використання 4 роки.

Вартістю основних засобів і нематеріальних активів, що амортизується, є первісна або переоцінена вартість основних засобів і нематеріальних активів за вирахуванням їх ліквідаційної вартості:

$$\Phi_a = \Phi_p - Л \quad (4.4)$$

Так, як не має можливості розрахувати ліквідаційну вартість, $Л = 0$.

Таким чином амортизаційна вартість дорівнює первісній вартості основних засобів (Кпр).

Тоді, річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом:

$$AO = \Phi_{\pi} / T_{\pi} \quad (4.5)$$

$$AO = 13089 / 4 = 3272,25 \text{ грн}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на заробітну плату

Так, як система клімат-контролю встановлена у домашні теплиці повністю автоматизована та не потребує персоналу – заробітна плата не розраховується.

4.3.3 Розрахунок витрат на єдиний соціальний внесок

Так, як витрати на заробітну плату дорівнюють нулю, то і значення єдиного соціального внесоку дорівнюватиме 0.

4.3.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Повірка приладів виконується один раз на рік після закінчення використання. За даними Дніпростандарту щодо послуг повірка аналогічної системи коштує 1560 грн/рік[33].

4.3.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності, річного фонду робочого часу об'єкта проектування та втрат електроенергії за формулою:

$$C_{\Sigma} = W_p \cdot C_e \quad (4.6)$$

де W_p – кількість спожитої за рік електроенергії, $W_p = 6600 \text{ кВт/годин}$;

Це – тариф на електроенергію станом на 01.06.2021, $C_e=2,31$ грн./кВт·год [9].

$$C_e = 6600 * 2,31 = 15,246 \text{ грн}$$

4.3.6 Визначення інших витрат.

Так, як фонд заробітної плати не розраховується, то інші витрати = 0.

Таким чином експлуатаційні витрати складуть:

$$C = 3272,25 + 0 + 0 + 0 + 15246 + 0 = 18518,25 \text{ грн}$$

Таблиця 4.3.2 Зведені витрати на запропонований технічний проект

Капітальні витрати	13089 грн
Експлуатаційні витрати	18518,25 грн

5.Охорона праці

У кваліфікаційній роботі описується автоматизована система керування домашньою теплицею. Об'єктом дослідження є умови праці на робочому місці, у якому розташований **Монітор-Логгер Walcom SR-510**.

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів у приміщенні автоматизованого робочого місця працівника

Технологія вирощування у теплицях складається з ряду послідовних робочих етапів. По тривалості вони різні і складають від 1 - 6 до 45 - 60 днів. Основними видами робіт, що виконуються тепличниці, є: підготовка землі, вирощування розсади, висадка її у землю, підв'язка рослин до шпалери, формування куща, постійний догляд за рослинами, збір врожаю протягом усього вегетаційного періоду. Після закінчення вегетації проводять дезінфекцію теплиці, оранку і пропарювання землі. Після оранки землі вносять мінеральні добрива і вапно. Крім того, жінки в ряді виробництв виконують поточну роботу по підгодівлі рослин мінеральними добривами, хімічній обробці рослин, різні ремонтно-профілактичні роботи (фарбування обладнання, підтягування кріплень, вирівнювання опорних стійок і т.д.). Через складність і велику трудомісткість виробничих процесів робітники потребують санітарного нагляду та необхідності контролю за умовами праці у теплиці.

У приміщенні домашньої теплиці є одні двері та один віконний проріз для провітрювання. У середині теплиці розташований датчик температури та вологості. Теплиця зроблена з прозорого полікарбонату, тому освітлення у ній достатнє.

Технологічний процес у теплицях складається з ряду послідовних робочих етапів, причому по тривалості вони різні і складають від 1 - 6 до 45 - 60 днів. Основними видами робіт, що виконуються тепличниці, є: підготовка землі, вирощування розсади, висадка її у землю, підв'язка рослин до шпалери,

формування куща, постійний догляд за рослинами, збір врожаю протягом усього вегетаційного періоду. Після закінчення вегетації проводять дезінфекцію теплиці, оранку і пропарювання землі. Після оранки землі вносять мінеральні добрива і вапно. Крім того, жінки в ряді виробництв виконують поточну роботу по підгодівлі рослин мінеральними добривами, хімічній обробці рослин, різні ремонтно-профілактичні роботи (фарбування обладнання, підтягування кріплень, вирівнювання опорних стійок і т.д.). Складність і велика трудомісткість усіх процесів потребують санітарного нагляду і контролю за умовами праці.

При роботі на даному об'єкті присутні наступні небезпечні і шкідливі фактори:

- небезпека виникнення алергічної реакції при контакті з добривами, нетоксичними біо-препаратами та хімічними обробками рослин для стійкості від хвороб та боротьби зі шкідниками;
- монотонність роботи та робота стоячі при обробці та догляді рослин;
- небезпека при підвищеній вологості, що впливає на теплообмін людини.

5.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці.

Для усунення небезпечних і шкідливих факторів, використані методи, які розроблені у правилах і вимогах щодо безпеки й охорони праці.

Небезпечним фактором є використання хімічних препаратів: пестицидів, мінеральних добрив, стимуляторів росту рослин і дезінфікуючих засобів. Найбільшу небезпеку для здоров'я представляють пестициди, що володіють вираженою шкірною та місцево-дратівливою дією, а також належні до високо- і помірно небезпечних препаратів. Норми витрати агрохімікатів в закритому ґрунті в - 3 рази перевищують аналогічні величини для відкритого ґрунта. Тому регламентується списком хімічних і біологічних засобів боротьби.; шкідниками, хворобами рослин і бур'янами та регуляторів "ОССТ рослин, дозволених для застосування в сільському господарстві.

При роботі з речовинами, що можуть потрапляти в організм через шкіру і мають відповідний гігієнічний норматив - граничнодопустимий рівень, клас умов праці встановлюється відповідно до Гігієнічної класифікації праці. До цього належить накопичення вуглекислого газу, вірусних та інфекційних мікроорганізмів при відсутності будь-якої вентиляції, які при звичайному провітрюванні швидко випаровуються. Також охолоджене пересушене повітря, яке шкідливе для шкірних покривів і слизових оболонок дихальних шляхів.

Небезпечний фактор це трудові процеси, властивих для тепличного виробництва, є значне фізичне навантаження, яку виконують робочі в поєднанні з інтенсивною м'язовою діяльністю. Більше 85% з 40 видів робіт у теплицях жінки виконують вручну, з яких близько 50% відносяться до категорії середніх і важкого ступенів тяжкості. Найбільш трудомісткою операцією, що займає від 60 – 65% всього технологічного циклу, вирощування овочів, є збір продукції. Ступінь зайнятості робітниць протягом зміни становить при цьому від 86 до 92%. Овочі збирають у коробки, що встановлюються на візок, яку потім пересувають по пригрунтовому трубах (регістрів). При установці візки на реєстри жінки витрачають зусилля до 12-15 кг.

Важкість (тяжкість) праці - характеристика трудового процесу, що відображає рівень загальних енергозатрат, переважне навантаження на опорно-руховий апарат, серцево-судинну, дихальну та інші системи.

Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі.

Дуже небезпечним фактором є вирощування овочів в теплицях є специфічний температуро-вологий режим, який характеризується підвищеними значеннями температури (до +45 град. С), відносної вологості (до 100%) і низькою рухливістю повітряного середовища (до 0,1 м / с). Найбільш несприятливі мікрокліматичні умови відзначаються в літній період (червень - липень), коли температуро-вологий режим залежить від інтенсивності сонячної

радіації, що досягає 1'00 - 1880 Ккал / кв. м на годину, змінюючись відповідно погодних умов.

У теплий період року для категорії робіт з середньою важкістю нормами температури та вологості середовища є 21-23°C та 60-40% відповідно.

Допустимі величини температури та відносної вологості у робочій зоні 27-18°C та 65-26% відповідно.

Якщо ці величини не вписуються у допустимі норми, то здійснюється нормалізація несприятливих мікрокліматичних умов за допомогою комплексу заходів та способів, які включають: будівельно-планувальні, організаційно-технологічні, санітарно-технічні та інші заходи колективного захисту. Для профілактики перегрівань та переохолоджень робітників засоби індивідуального захисту, медико-біологічні тощо.

5.2.1 Загальні вимоги з охорони праці для роботи у теплиці.

До роботи у теплицях допускаються особи, які досягли віку встановленого законодавством, які пройшли медичний огляд і не мають протипоказань, інструктаж, стажування і перевірку знань з питань охорони праці. Робітник, зайнятий роботою в теплицях, зобов'язаний:

- дотримуватися вимог з охорони праці, а також правила поведінки на території організації, в виробничих, допоміжних і побутових приміщеннях;
- виконувати інші обов'язки, передбачені законодавством з охорони праці;
- виконувати норми з охорони праці, передбачені колективним договором, угодою, трудовим договором, правилами внутрішнього трудового розпорядку, посадовими обов'язками.

Працівник теплиці повинен знати і дотримуватися правил особистої гігієни. Приймати їжу та відпочивати тільки в спеціально відведених для цього

приміщеннях і місцях. Пити воду тільки зі спеціально призначених для цього установок.

5.3 Правила пожежної профілактики.

Найчастішою небезпечною ситуацією при роботі, виготовленні та експлуатації електрообладнання є пожежа.

Пожежа може бути викликана перевантаженням мережі, більший перехідний опір в контактах, сильному нагріванні проводів, потрапляння води, неправильним з'єднанням проводів, коротким замиканням, іскрінням і електродугою, який може бути викликаний розмиканням електричних ланцюгів.

У даному типі приміщень повинна бути медична аптечка першої допомоги та переносний вуглекислотний вогнегасник з розрахунку 1 штука на 12 м² площі приміщення з обліком гранично припустимих концентрацій вогнегасної рідини відповідно вимогам «Правил пожежної безпеки в Україні».

Для уникнення пожежі в процесі експлуатації електрообладнання слід дотримуватися вимог нормативних документів.

Для уникнення пожежі необхідно дотримуватися наступних заходів:

- застосовувати саморобні запобіжники для електричного захисту;
- загроможувати двері, що забезпечують евакуацію;
- використовувати легкозаймисті рідини, горючі рідин для прибирання приміщень.

Для захисту від пожежі, яка може виникнути у місці роботи в обов'язковому порядку мають бути присутніми первинні засоби пожежогасіння: біля електричних приладів на стіні має висіти вогнегасник, а також ящик з піском і совок.

Висновок

Проаналізувавши багато існуючих приладів контролю мікрокліматом у теплиці було визначено, що для оптимізації клімат-контролю даної теплиці оптимальним приладом являється монітор мікроклімату Walcom HT-2008.

Подальшим розвитком роботи є удосконалення метрологічного забезпечення шляхом розробки методики калібрування датчика вологості та температури задля забезпечення метрологічної простежуваності вимірювань. Було розроблено у середовищі Labview віртуальний прилад для дослідження статичної характеристики датчика вологості та температури і встановлено що цей датчик має показникову функціональну залежність.

Для оцінки достовірності результатів вимірювань було оцінено розширену невизначеність вимірювання вологості та температури, та розроблено віртуальний прилад у середовищі Labview для виконання розрахунків.

У розділі охорони праці, кваліфікаційної роботи, було проведено опис небезпечних та шкідливих факторів, які можуть виникнути при роботі з приладом який вимірює температуру та вологість у теплиці, і при роботі у самій теплиці безпосередньо.

В економічному розділі був проведений розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат. Для здійснення запропонованого технічного рішення капітальні витрати складуть 13089грн, експлуатаційні – 18518,25грн.

Список використаної літератури:

1. Вимірювальні перетворювачі (сенсори): Підручник / В. М. Ванько, Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, В. О. Яцук, Ю. В. Яцук. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015.
2. [Поляков М.Г.], Тарасенко В.Г. Основи метрології та вимірювальної техніки.
3. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0278-16#Text>.
4. Закон України про метрологію та метрологічну діяльність.
5. Вступ в теорію систем. Корсун В.І., Глухова Н.В., Харламова Ю.М.
6. ДСТУ-Н РМГ 43 Метрологія і стандартизація.
7. SO/IEC GUIDE 99:2007(E/R) International vocabulary of metrology.
8. ГОСТ 34100.1-2017 Невизначеність вимірювань.
9. Блецкан Д.І., Горват А.А., Кабацій В.М. Б 68 Електричні вимірювання: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / За редакцією професора Д. І. Блецкана. – Ужгород.: ВАТ “Видавництво “Закарпаття”, 2008.
10. Метрологія та вимірювальна техніка: підручник / Є.С. Поліщук, М. М. Дорожовець, В. О. Яцук, В. М. Ванько, Т. Г. Бойко; за ред. Є. С. Поліщука. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012.
11. [product/mnogomernaya-approksimatsiya-i-interpolyatsiya-19716257](https://product.mnogomernaya-approksimatsiya-i-interpolyatsiya-19716257).
12. <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/204810376>.
13. metodychky/121-chyselni-metody/293-5-interpoliuvannia-funktsii-2016
14. <https://miralab.in.ua/prylady-laboratorni/vymiryuvachi-volohy/hihrometry-volohomiry-povitrya/walcom-ht-2008>.
15. <https://prom.ua/p1347095692-monitor-logger-co2.html>.
16. <https://shoptta.com/shop/brands/delta-ohm/delta-ohm-hd-49>.
17. <https://fabrika-teplic.com/kategoriya/teplicy/teplitsy-s-plyonkoj/teplicy-vegan-s-plenkoj/>.
18. <https://homebiznes.in.ua/promyslovi-teplytsi-biznes-na-vyroschuvanni-ovochoiv/>.

19. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячі.
20. ДСН 3.3.6.042-99 Державні санітарні норми параметрів мікроклімату. К.: МОЗ України, 2000.
21. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги.
22. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>.
23. Правила пожежної безпеки в Україні. URL:
<https://zakon.rada.gov.ua/show/z0252-15#n14>.
24. Гігієнічна класифікація умов праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. — К.: МОЗ України.
25. Розмір єдиного соціального внеску станом на 01.06.2021. Міністерство фінансів України.
26. <https://simvolt.ua/ru/oplata-i-dostavka-ru-ua.html/>.
27. <https://simvolt.ua/ru/montor-mkroklmatu-walcom-ht-2008.html/>.
28. https://www.golovbukh.ua/files/2020/092020/Shpargalka_grypu_oz.pdf.
29. <https://mastak.biz.ua/uk/peretvoryuvachi-naprugy-ta-strumu/156-izmeritelnyj-preobrazovatel-napryazheniya-es-pu-1m.html>.
30. <https://mastak.biz.ua/uk/peretvoryuvachi-naprugy-ta-strumu/156-izmeritelnyj-preobrazovatel-napryazheniya-es-pu-1m.html>.
31. <https://reol.com.ua/wp-content/uploads/2020/03/povnij-katalog-atisa>
32. <https://index.minfin.com.ua/labour/social/>.
33. <https://www.dtek-dnem.com.ua/ua>.
34. <http://www.dgcsms.dp.ua/5/>.