

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи
та технології в приладобудуванні»**

**спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»**

на тему: «Автоматизована система контролю росту рослин»

Виконала:

студентка IV курсу, групи ПК-01

Домашенко Анна Володимирівна _____

Керівник:

доцент кафедри АСНК

Гришанова Ірина Аркадіївна _____

Рецензент:

к.т.н., доцент

Самарцев Юрій Миколайович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2024 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

| № з/п | Формат | Позначення | Найменування | Кількість листів | Примітка |
|-------|--------|-----------------------|------------------------------|------------------|----------|
| 1 | A4 | | Завдання на дипломний проєкт | 2 | |
| 2 | A4 | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Пояснювальна записка | 71 | |
| 3 | A1 | ПК 0106.01.00.0000 СК | Складальний кресленик | 1 | |
| 4 | A2 | ПК 0106.02.00.0000 Е1 | Структурна схема | 1 | |
| 5 | A2 | ПК 0106.03.00.0000 ЛЗ | Схема оптична | 1 | |
| 6 | A1 | ПК 0106.04.00.0000 ЛЗ | Схема електрична принципова | 1 | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | | |
|-----------|----------------|-------|------|---------------------------------|--------------------------------------------------------|
| | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | |
| | ПБ | Підп. | Дата | | |
| Розробн. | Домашенко А.В. | | | Відомість дипломного проєкту | Лист |
| Керівн. | Гришанова І.А. | | | | 1 |
| Консульт. | | | | | Листів |
| Н/контр. | | | | | 70 |
| Зав.каф. | Киричук Ю.В. | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АСНК Гр. ПК-01 |

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Автоматизована система контролю росту
рослин»

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студентці
Домашенко Анна Володимирівна

1. Тема проєкту «Автоматизована система контролю росту рослин», керівник проєкту к.т.н., доцент кафедри АСНК Гришанова Ірина Аркадіївна, затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту 4 червня
3. Вихідні дані до проєкту : робочі спектральні діапазони оптичної системи $\lambda_1 = 400-520$ нм, $\lambda_2 = 600-630$ нм, $\lambda_3 = 720-740$ нм; діаметр вхідної зіниці об'єктива $D_{\text{вх.зіни.}} = 20$ мм.
4. Зміст пояснювальної записки: Розділ 1. Огляд літературних джерел; Розділ 2. Проєктування системи контролю росту рослин; Розділ 3. Вибір електронних компонентів для реалізації системи.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Складальний кресленик, схема оптична, схема структурна, презентація доповіді.

6. Дата видачі завдання _____

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проєкту | Термін виконання етапів проєкту | Примітка |
|-------|-------------------------------------------|---------------------------------|----------|
| 1 | Огляд літературних джерел | 1-4 тиждень | |
| 2 | Підбір функціональних компонентів | 5 тиждень | |
| 3 | Синтез та моделювання оптичної системи | 6 тиждень | |
| 4 | Вибір електронних компонентів | 7 тиждень | |
| 5 | Розробка складального креслення | 8 тиждень | |
| 6 | Оформлення пояснювальної записки | 9 тиждень | |
| 7 | Формування загальних висновків | 10 тиждень | |
| 8 | Розробка структурної схеми | 11 тиждень | |
| 9 | Розробка оптичної схеми | 12 тиждень | |

Студентка

Анна ДОМАШЕНКО

Керівник

Ірина ГРИШАНОВА

АНОТАЦІЯ

Метою дипломного проєкту було обрано розробку автоматизованої системи контролю росту рослин. На основі літературних джерел було проаналізовано необхідні умови для оптимального росту рослин та розглянуто проблеми, які можуть виникати при розвитку рослин на різних стадіях, досліджено фізичні основи гігрометрії та фотометрії.

Розглянуто та обрано складові для реалізації ефективної автоматизованої системи контролю росту різних рослин, проведено порівняння між складовими, структуровано необхідні процеси, що мають бути реалізовані в системі. Розроблено оптичну принципову схему, націлену на максимально ефективний результат роботи. Система проводить збір даних щодо вологості та при необхідності активізує функцію поливу, також освітлює рослини відповідними типами світла для оптимального розвитку.

Ключові слова: автоматизована системи, контроль освітлення, контроль вологості, автоматизований полив, контроль росту рослин.

ABSTRACT

For the diploma project, it was decided to develop an automated plant growth control system. Based on the literature, we analyzed the necessary conditions for optimal plant growth and considered the problems that may arise during plant development at different stages, investigated the physical foundations of hygrometry and photometry.

The components for the implementation of an effective automated growth control system are considered and selected, a comparison between the components is made, and the necessary processes that should take place in the system are structured. An optical scheme aimed at the most effective result was developed. The system collects data on humidity and activates the irrigation function if necessary, and also illuminates plants with appropriate types of light for optimal plant development.

Keywords: automated systems, lighting control, humidity control, automated watering, plant growth control.

ПЕРЕЛІК УМОВНИЙ ПОЗНАЧЕНЬ

ІЧ – інфрачервоний;

УФ – ультрафіолетовий;

АПП – апаратно-програмна платформа;

РКД – рідкокристалічний дисплей;

RGB – червоний, зелений, синій;

ДВ – датчик вологості;

ДО – датчик освітленості;

ВМ – виконавчий механізм.

ЗМІСТ

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП | 12 |
| РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 14 |
| 1.1. Вплив недостатнього освітлення або некоректного поливу на здоров'я рослин та врожайність | 14 |
| 1.2. Сучасні засоби та методи контролю росту рослин..... | 16 |
| 1.3. Фізичні основи фотометрії та гігromетрії..... | 19 |
| 1.4. Класифікація та принцип роботи гігromетрів | 22 |
| 1.4.1. Аналіз принципів роботи гігromетра..... | 22 |
| 1.4.2. Сучасні моделі гігromетрів та їх аналіз | 24 |
| 1.5. Класифікація та принцип роботи люксметрів..... | 27 |
| 1.5.1. Аналіз принципів роботи люксметра | 27 |
| 1.5.2. Сучасні моделі люксметрів та їх аналіз..... | 28 |
| 1.6. Обґрунтування вибору типів функціональних вузлів розроблюваної системи | 30 |
| 1.7. Огляд аналогів розроблюваної системи..... | 32 |
| Висновки до розділу 1 | 35 |
| РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РОСТУ РОСЛИН..... | 36 |
| 2.1. Розробка структурної схеми системи | 36 |
| 2.1.1. Структурна схема автоматизації процесу поливу | 36 |
| 2.1.2. Структурна схема автоматизації процесу контролю освітлення..... | 37 |
| 2.1.3. Структурна схема автоматизованої системи контролю росту рослин.... | 38 |
| 2.3. Підбір приймачів випромінювання | 41 |
| 2.4. Моделювання оптичної системи | 46 |
| 2.5. Розрахунок освітленості на приймачах випромінювання..... | 52 |
| Висновки до розділу 2 | 54 |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|----------------|--------|------|--------------------------------------------------------------------------|------|------|---------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Домашенко А.В. | | | Автоматизована система поливу рослин Пояснювальна записка | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | | | | | | 10 | 71 |
| Н. Контр. | | | | | ПБФ, ПК-01 | | | |
| Затверд. | | Гришанова І.А. | | | | | | |

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| РОЗДІЛ 3. ВИБІР ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ..... | 55 |
| 3.1. Вибір АПП | 55 |
| 3.2. Вибір датчика вологості | 56 |
| 3.3. Вибір водяної помпи..... | 58 |
| 3.4. Вибір реле напруги..... | 59 |
| 3.5. Вибір боксу для батарейок | 60 |
| 3.6. Вибір світлодіодної індикації | 60 |
| Висновки до розділу 3 | 63 |
| ВИСНОВКИ | 65 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... | 67 |
| ДОДАТКИ | Ошибка! Закладка не определена. |

ВСТУП

Для кожного організму існують оптимальні умови розвитку, рослини не є винятком. На відміну від тварин чи людей рослини не можуть розповісти про те чого їм не вистачає, проте у випадку незадовільного стану їх організму, зовнішні показники як жовте, зів'яле листя, малого розміру плоди або їх відсутність, свідчать про це.

У природі також не буває іноді ідеальних умов, тому бувають і неврожаї. І завдяки технологіям людство має можливість покращувати розвиток, ріст, плодючість рослин. Знаючи, що на рослини найбільше впливу має вода, освітлення, без яких жодна рослина не могла б вирости.

Наприклад, у світі зараз почалася криза какао бобів через неврожай, який був спричинений великими посухами, що призводить до дефіциту даного продукту та підняттям його вартості вдвічі як мінімум.

Загалом вирощування рослин пов'язане з ризиком, оскільки впливає багато факторів в більшій мірі природних, Україна розташована в помірному поясі та має чудові ґрунти, але також існують перешкоди для рослинництва. Паводки, засуха, град, зливи - все це може стати причиною втрати врожаю. У степових регіонах основною проблемою зазвичай стає недостатня кількість опадів, хоч рослини отримують вдосталь сонячної енергії, але бувають випадки навіть пожеж. Протилежно, в деяких зазвичай північних областях бувають низькі температури, через які вимерзають деякі рослини. У деяких областях можливі сильні паводки, що знищують посіви, можливі гради, проти яких рослини беззахисні. Також в деяких регіонах зустрічаються проблеми з ґрунтом, в якому недостатньо мінеральних речовин, які дозволяли б рослині краще розвиватися, тому плоди зазвичай невеликі. Також через різкі зміни температур, в різних регіонах є ризики для втрати врожаю, наприклад, через різке похолодання в період цвітіння персиків на Херсонщині було втрачено основну кількість. Багато залежить від того в який етап розвитку рослин застала негода, наприклад, рослини найвразливіші на перших стадіях росту, насінина при холодній температурі чи недостатньому

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 12 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | | | | |

поливу не зможе прорости, або ж коли уже зав'язуються плоди, спека без опадів може зруйнувати це все і рослина або покидає плоди, які на ранніх стадіях, або ж може сама загинути. Також є ризики епідемій у рослин спричинені, наприклад, мікроорганізмами, які через як один з варіантів негодую, ослаблену рослину заразити. Так, звісно існує багато удобрих, хімікатів, але разом з тим через їх вплив плоди рослини також набувають небажаних хімічних сполук, які є потім небезпечними для здоров'я людини та сприяють розвитку різних захворювань. Рослина, яка сильна і на неї немає надто екстремального впливу або він нівелюється, як наприклад, при великій посусі, якщо рослина буде отримувати певну кількість води, вона вже зможе пережити це та навіть бути в чудовому стані. Тепер крім природних факторів, додалися ризики через війну.

В даній роботі поставлена задача за допомогою автоматизації та сучасних технологій полегшити людську працю, покращити стан та розвиток рослин, знайти найоптимальніші шляхи, які економили б ресурси і давали максимально ефективні результати, знайти баланс між економічною складовою та результативністю.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 13 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Вплив недостатнього освітлення або некоректного поливу на здоров'я рослин та врожайність

Кожен вид рослин унікальний і має свої особливості, відповідно до класифікації рослини існують: світлолюбиві, тіньовитривалі, тіньолюбиві [1]. Проте варто зазначити, що більшість рослин все ж належать до світлолюбивих, і навіть тіньолюбиві потребують також освітлення, просто в меншій кількості. Наприклад, для світлолюбивих рівень освітлення не менше 15-20 тис. лк, а деяким для успішного цвітіння потрібно 50 тис. лк і більше, для тіньолюбивих досить 5-10 тис. лк [2]. Однак, чим нижче буде рівень освітлення, тим повільніше ростимуть рослини. Світло є одним з найбільш фундаментальних факторів, адже коли рослини отримують достатню кількість світла, в них відбувається процес фотосинтезу, під час якого вони перетворюють сонячне світло в енергію у вигляді глюкози, що і є джерелом живлення рослин, а саме слугує будівельним матеріалом для інших важливих сполук, таких як білки та целюлоза. Інтенсивність, тривалість, якість світла – фактори, які впливають на ріст та розвиток рослин кожен по-своєму [3]. Під інтенсивністю мається на увазі яскравість світла, тривалість – час перебування рослини під впливом світла, якість світла – довжина хвилі випромінювання. Різні довжини впливають на різні аспекти росту, наприклад, синє світло, що має коротку довжину хвилі та вищий рівень енергії, стимулює вегетативний ріст, тобто відбувається стимулювання росту листків. Червоне – з довгою довжиною хвилі, відіграє життєво важливу роль на стадіях цвітіння та плодоношення рослин. Цей тип світла стимулює вироблення пігментів, які запускають процес цвітіння. Крім того, воно сприяє підвищенню якості та кількості плодів, що виробляються рослинами [4, 5].

Ознаки недостатнього освітлення по зовнішньому вигляду рослини [6]:

1. перша ознака нестачі освітлення – довге стебло з малою кількістю листя на верхівці. Це відбувається через те, що рослина не отримує достатнього рівня

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 14 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

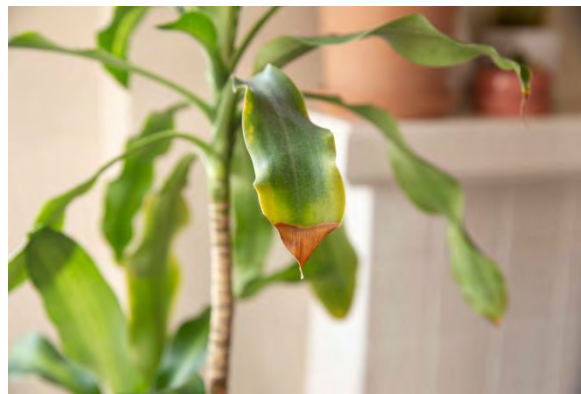
освітленості і витягується вгору в пошуках наприклад сонячного проміння, та скидає листки оскільки не має достатньо сил для великої кількості листя (рис. 1, а);



а



б



в

Рис. 1. Ознаки нестачі світла

2. ряболисті види рослин починають ставати однотонними, втрачаючи свої смуги, краї і свою барвистість (рис. 1, б);

3. у квітучих рослин бутони будуть меншими, можуть не відкриватися, квіти будуть блідими та період цвітіння буде коротким, якщо взагалі відбудеться;

4. листя починає коричневіти, опадати (рис. 1, в);

5. врожайність падає, дуже малі плоди або взагалі їх відсутність;

Через полив йде живлення рослин через корінь поживними речовинами. В кожного виду рослин можуть бути свої вимоги щодо оптимальної кількості води.

Ознаки недостатнього поливу:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 15 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1. уповільнений ріст через недостатній полив;
2. в'янення;
3. жовте листя, відоме як хлороз, через недостатнє утворення хлорофілу;
4. скручування листя;
5. зменшення цвітіння та створення органічних продуктів: Недостатня кількість води може вплинути на здатність рослин створювати цвітіння та органічні продукти;
6. підвищена вразливість до хвороб, може з'являтися грибок, інші хвороби [7, 8].

Наслідки надмірного поливу:

1. гниття коренів. Особливо може бути критичним на перших стадіях, наприклад в троянд;
2. жовте листя. Але на відміну від недостатнього поливу з хлорозом, проблема тут полягає в тому, що в рослини немає доступу до кисню;
3. в'янення;
4. формування та розвиток мікроорганізмів. Також проблеми з грибками;
6. набряки: відбувається через те, що поглинають більше води ніж потрібно;
7. в плодоносних такі ж проблеми як і з нестачею світла.

1.2. Сучасні засоби та методи контролю росту рослин

Багато підприємств вирощують рослини в теплицях, де контролюють: температуру, вологу, розташування, освітлення, форму рослин.

Там застосовуються такі методи: удобрення різними хімічними сполуками, що пришвидшують ріст рослин, які запобігають утворенню шкідників, сприяють більшому розміру плодів. Проте без зрошування будь-яка рослина не виросте, тому на великих агро підприємствах є автоматизовані системи поливу рослин, поділяються за різними принципами їх роботи: з виставленою мірою подачі води, контроль води оператором відповідно до поставлених вимог. Наприклад, для соняшника рекомендується 2-3 поливи (400-800 м³/га для зрошування). Інтервал

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 16 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

між поливами становить 7-14 днів залежно від текстури ґрунту. Соняшник найбільш вразливий до некоректного режиму 40 днів після саджання, адже відбувається вегетативний розвиток, а саме починають з'являтися листки [9].

Також на підприємствах використовуються лампи які можуть працювати в різних діапазонах. Використовується блакитний спектр, зелений, червоний та інфрачервоний, ультрафіолетовий. Нижче наведено приклад таких ламп, які пропонуються для підприємств (рис. 2).

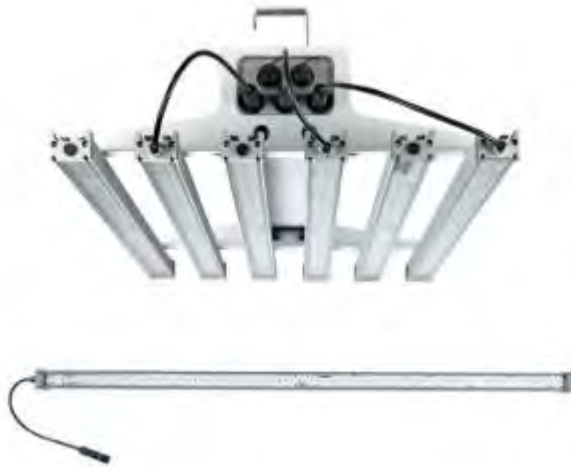


Рис. 2. Gro-Lux® LED Linear Modular System

Виробником надані такі параметри:

- модульність світильника Gro-Lux® LED Linear;
- існує два різних типи лінійних світлодіодних модулів Gro-Lux® LED, які можна використовувати самостійно або закріпити на рамах GroLux® LED Linear для максимальної потужності верхнього освітлення;

- світильники з класом захисту IP66 можна з'єднати послідовно;

Для забезпечення оптимальних умов вирощування Sylvania пропонує два типи світлодіодних модулів Gro-Lux®:

- вегетативний спектр для підтримки росту рослин для посилення природного спектру світла в тепличних умовах;

- fullSpectrum+ забезпечує специфічний для рослин повний спектр, який можна використовувати як єдине джерело світла.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 17 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рис. 3. GroXpress LED 340W FullSpectrum+

Світильник GroXpress LED 340W FullSpectrum+ був розроблений для невеликих приміщень і стелажів для вирощування з низькими стелями. Він складається з чотирьох світлодіодних модулів, які створюють велику освітлену площу, що дозволяє світлу проникати глибше в рослину, тим самим збільшуючи темпи росту та врожайність. Світильник Sylvania FullSpectrum+, розроблений спеціально для рослин і перевірена технологія FullSpectrum+ була використана в цьому світильнику. Він забезпечує чудові результати на всіх стадіях росту і цвітіння (рис. 3) [10].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 18 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рис. 4. Приклад встановлення ламп в теплиці

Такі методи контролю ще називають smart monitoring and controlling system (розумна система моніторингу та контролю), яка включає і автоматичний полив відповідно до норм та стандартів, використання різних добрив, ламп.

1.3. Фізичні основи фотометрії та гігromетрії

Фотометрія (від дав. -гр. φωτός - світло і μετρέω - вимірюю) - це розділ оптики, який вивчає світлові потоки джерел світла (їх випромінювання, властивості та вимірювання), а також джерела світла та сприймання їх випромінюваної енергії приладами та оком людини [11].

Джерелом світла є тіла, які випромінюють електромагнітні хвилі оптичного діапазону. Наприклад місяць не справжнім джерелом світла, оскільки він лише відбиває сонячні промені, джерелом світла виступає сонце.

В сучасній науці існує два розділи фотометрії :

- світлова фотометрія - суб'єктивні зорові відчуття людини;
- енергетична фотометрія - об'єктивні показники вимірювальних приладів.

Вимірювання фізичних показників здійснюється фотометром (рис. 5), більш детально принцип роботи та види буде розглянуто в одному з наступних розділів.



Рис. 5. Фотометр

Основні фотометричні величини :

– світловий потік (Φ), лм (люмен):

$$\Phi = \frac{W}{t} \quad (1)$$

де, W – енергія, Дж;

t – час, с.

– сила світла (I), кд (кандела):

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} \quad (2)$$

де, Φ – світловий потік, лм;

π – const.

– освітленість (E), лк (люкс):

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 20 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$I = \frac{\Phi}{S} \quad (3)$$

де, S – площа, м²

Не менш важливими для росту та розвитку рослин є гігromетричні показники. Вологість повітря впливає на рослини прямо (безпосередньо на стебло, листя) і опосередковано – внаслідок зміни інших факторів навколишнього середовища, які визначають умови життя рослин (стан ґрунту, розмноження мікроорганізмів, тощо).

Основними гігromетричними показниками є:

1. Абсолютна вологість (АвН, г/м³) - це маса водяної пари, яка міститься в певному обсязі повітря.

2. Відносна вологість (Rh, %):

$$Rh = \frac{St}{St_{max}} \quad (4)$$

де, St – водяна пара, яка міститься в повітрі;

St_{max} – максимально можливої кількості водяної пари, яку може містити повітря при даній температурі і тиску.

3. Точка роси (вимірюється в градусах Цельсія чи Фаренгейта): це температура, при якій повітря стає насиченим водяною парою при цьому абсолютна вологість повітря наближається до максимальної внаслідок чого водяна пара конденсується у вигляді краплинок роси на холодних предметах.

4. Вологість ґрунту – це кількість води, яка міститься в ґрунті на певній глибині. Вимірюється в відсотках або в міліметрах на глибину.

5. Абсолютна вологість ґрунту (г/м³) – це маса води, яка міститься в певному обсязі ґрунту.

6. Вологість листя (%) – це кількість води, яка міститься в листі рослини.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 21 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

7. Дефіцит насичення (Def , г/м³ або мм. рт. ст) – це різниця між максимальною і абсолютною вологістю.

$$Def = H_{max} - AbH \quad (5)$$

де, H_{max} – максимальна вологість, г/м³;

AbH – абсолютна вологість, г/м³.

1.4. Класифікація та принцип роботи гігрометрів

Для отримання бажаного результату, має бути зрозумілим принцип роботи використовуваного приладу, знання його особливостей, розуміння основних параметрів, оскільки не всі моделі можуть підійти для тієї чи іншої мети, як користуватися приладом, які його аналоги існують.

1.4.1. Аналіз принципів роботи гігрометра

В попередньому розділі було розглянуто роль вологості для рослини та основні гігрометричні показники. Їх вимірювання здійснюється за допомогою гігрометрів.

За принципом дії їх можна поділити на:

– механічні гігрометри базуються на зміні розмірів речовини (наприклад, вологої пружини або вологої пари) залежно від вологості. Цей тип гігрометра використовується у вигляді шнурка, який намокає або висихає в залежності від вологості повітря. Прилад дозволяє оцінити або виміряти відносну вологість повітря. Включає такі підвиди (рис. 6):

- волосяні гігрометри;
- конденсаційний гігрометр (психометри);
- біметалеві пристрої.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 22 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Розглянемо особливості роботи кожного з них.

Волосяні гігрометри. У цьому пристрої через спеціальний шків (болт) перекинуто знежирене людське волосся. Один його кінець з'єднаний із вантажем. Також волосся пов'язане через ролик зі стрілкою. При зміні вологості волоссяна довжина або збільшується, або стає меншою. Стрілка починає рухатися за шкалою. Волосяні прилади бувають з натурального волосся та синтетичного. З натурального волосся прилади завжди дорожчі так, як є одними з найточніших.

Конденсаційний гігрометр (психометри). Прилад конденсаційного типу працює за іншим принципом. У ньому є спеціальне дзеркало, що охолоджується, на яке направляється промінь світла. Під таким впливом на скляній поверхні утворюється конденсат чи кристалики льоду. У цей момент вбудований електронний гігрометр фіксує температуру і перетворює її на відносну вологість повітря. Такі гігрометри називають ще психометричними. Яскравим прикладом є психометричні гігрометри з Держпівіркою ВІТ-1 та ВІТ-2. Правда вони конструктивно набагато простіші за сучасні електронні аналоги, можна сказати навіть примітивні, але прилади точні, недорогі та ще й із сертифікатом про Держатестацію.

Біметалеві пристрої. У цих термометрах-гігрометрах встановлені дві металеві пластини з різними температурними коефіцієнтами розширення. При зміні температури та вологості пластини починають згинатися, що призводить до коригування показників заданих величин.

Вивчаючи гігрометр, принцип роботи приладу та його різновид, слід звернути увагу на похибку та діапазон вимірювання конкретної моделі. Зазвичай вимірюють прилади точно в якомусь заданому проміжку. Тому слід розуміти, що вже температурний діапазон чи діапазон з вологості повітря, то точнішими будуть показання [12].

Електронні гігрометри використовують сенсори для вимірювання вологості. Найбільш поширеною технологією є використання сенсорів на базі багат шарових керамічних пластин. На цих пластинах сенсори реагують на зміни

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 23 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

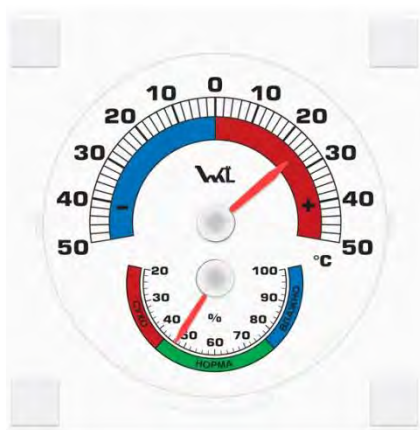
вологості і надсилають відповідний сигнал до електронного пристрою, в результаті якого вимірюється вологість повітря.



а



б



в

Рис. 6. а) Varigo 730 гігмометр з синтетичною волосиною; б) гігмометр Ламбрехта; в) Термо-гігмометр біметалевий ТГО

1.4.2. Сучасні моделі гігмометрів та їх аналіз

- 1) Гігмометр TFA 441001 (рис. 7)



Рис. 7. Гігрометр TFA 441001

Даний гігрометр підходить для вимірювання вологості як в побутових умовах, так і для теплиці. Механізм гігрометра складається з біметалевої котушки з покриттям, яка обертається навколо металевого дроту.

Особливості:

- одиниця вимірювання вологості: % RH;
- діапазон вимірювання вологості: від 0% до 100%;
- на шкалі позначено оптимальний діапазон від 40 до 60%.

2) Термогігрометр цифровий Medisana HG 100 (рис. 8)



Рис. 8. Термогігрометр цифровий Medisana HG 100

Швидко і точно вимірює вологість та температуру повітря.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 25 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Переваги даної моделі – точність показань, стильний дизайн та зручність застосування.

Особливості:

- вимірювання температури від -10°C до $+50^{\circ}\text{C}$;
- показники вологості від 20% до 90%;
- 2 режиму відображення часу (12год./24год.);
- функція «Будильник»;
- індикатор вологості/температури повітря;

3) Гігрометр психрометричний ВИТ-1 Склоприлад (рис. 9).

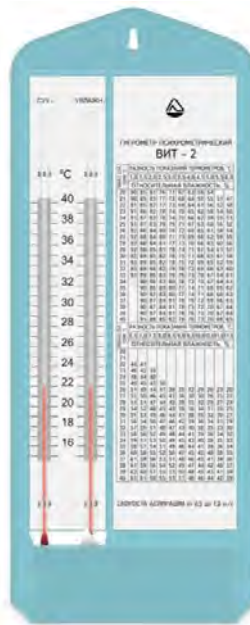


Рис. 9. Гігрометр психрометричний ВИТ-1 Склоприлад

Гігрометр вітчизняного виробництва, його перевагою є невисока ціна та достатньо висока точність. Принцип його роботи як і всіх психрометричних гігрометрів спирається на різницю показань у термометрів «вологого» і «сухого», живильник гігрометра наповнюється дистильованою водою. Відносна вологість визначається відповідно до психрометричної таблиці.

Особливості [13]:

- допомагає вимірювати температуру і вологість відносну;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 26 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

– застосовувати його можна в самих різних приміщеннях, не тільки в житлових, але і в робочих - в теплицях, приміщеннях складських, на фермах, в магазинах;

– діапазон температурний у нього достатній, як і діапазон вимірювання вологості;

– він досить простий в застосуванні;

– проведений гігрометр з безпечних і довговічних матеріалів;

– стійкий до вологи, перепадів температури.

Підсумовуючи, можна сказати, що на даний момент найбільш популярними в використанні є електронні гігрометри через простоту їх використання і достатньо точні показники.

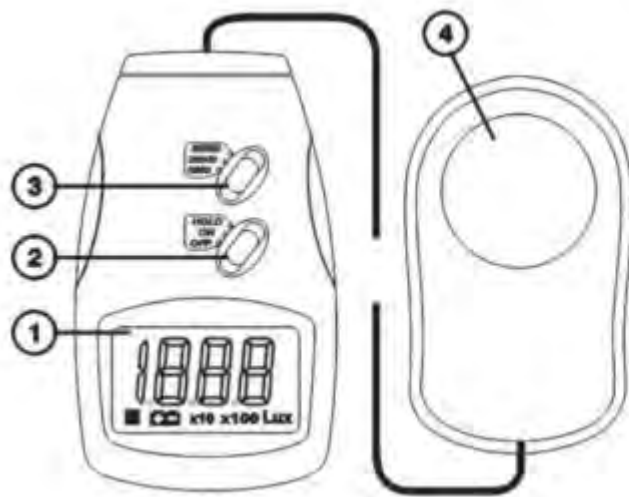
1.5. Класифікація та принцип роботи люкметрів

Для рослин важливе освітлення, для чого і стає в нагоді люкметр, проте необхідно розуміти як він працює, які є особливості його використання, яка модель краще для чого підходить, які параметри мають сучасні моделі та на що орієнтуватись при виборі люкметра.

1.5.1. Аналіз принципів роботи люкметра

Люкметри зазвичай складаються з фотодетектора, який відповідає за вловлювання, а потім перетворення світлової енергії в електричний струм, а саме лінза збирає та фокусує вхідне світло на фотодетектор, він поглинає фотони, тим самим генеруючи електричний струм, який і є пропорційним до інтенсивності світла (рис. 10).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 27 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



1. Рідкокристалічний дисплей;
2. Кнопки увім/вим, затримати вимір;
3. Вибір діапазону;
4. Фотодетектор.

Рис. 10. Будова люксметра

Робота з люксметром:

1. Увімкніть люксметр.
2. Переконайтеся, що початкове зчитування має бути "нуль"
3. Виберіть діапазон відповідно до вимог (А або В або С).
4. Тримайте датчик світла обличчям до світла.
5. На дисплеї з'явиться значення люкс.
6. Помноження відображеного значення на коефіцієнт множення буде фактичним люксом.

Моніторинг рівня люкс:

7. Тримайте люксметр принаймні в п'яти місцях.
8. Виміряйте люкс на висоті 1 метр від рівня землі.
9. Запишіть показання в запис моніторингу рівня люкс.
10. Середнє значення люкс усіх показань буде рівнем люкс у кімнаті.

1.5.2. Сучасні моделі люксметрів та їх аналіз

На ринку представлений широкий вибір люксметрів для різноманітних задач, вони диверсифікуються за ціновим діапазоном: від недорогих, до набагато

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 28 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

дорожчих моделей, також від простих у користуванні моделей, до складних вимірювальних систем з масою додаткових аксесуарів та можливостей.

На огляд винесено 3 різних моделей люксометрів (рис. 11), розглянемо кожен з них.

а) Цифровий люксометр Bluetooth 200000 Lux WINTACT WT81B сучасним цифровим люксометром виробництва компанії Wintact.

Особливістю даного приладу є:

- вимірювання освітленості та температури;
- висока чутливість і швидкість вимірювання;
- яскраве підсвічування дисплея;
- функція відображення максимального, мінімального та середнього значення вимірювання;
- функція збереження результатів вимірювань;
- вибір одиниць вимірювання: Люкс і Footcandle;
- можливість підключення через Bluetooth.

б) Люксометр Venetech GM1010 є бюджетним варіантом виробництва КНР.

Він є простим в використанні, ідеально підійде для оранжереї чи домашнього використання, проте для професійного використання варто обрати один з 2 інших приладів наведених в даній підбірці.

Особливості:

- висока чутливість і швидкість вимірювання;
- підсвітка дисплея, яка вмикається автоматично за низького рівня освітленості;
- функція відбиття максимального, мінімального та середнього значення;
- вибір одиниць вимірювання (Люкс і Footcandle) .

в) PCE-CRM 40 є найдорожчою моделлю, але він має ряд можливостей та переваг. Може використовуватися для визначення важливих фотометричних величин в області вимірювання світла. До них відносяться триколірні значення XYZ, координати кольору u 'v' відповідно до CIE1976 і координати кольору ху відповідно до CIE1931. Крім того, подальші колориметричні вимірювання

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

вимірюються як абсолютні значення і відмінності. Можна визначити домінуючу довжину хвилі в діапазоні чутливості світлового колориметра між 360...780 нм, а також щільність кольору P_e і колірну температуру СТТ в Кельвін. Крім того, спектрометр може визначати освітленість в люксах (lx) або фут-канделах (fcd) і відображати світловий потік в люменах (lm) і відображати кольорове розташування в колірному просторі RGB [14].



Рис. 11. а) 200000 Lux WINTACT WT81B, б) Люксметр Venetech GM1010, в) PCE-CRM 40 спектрометр, люксметр, колориметр

1.6. Обґрунтування вибору типів функціональних вузлів розроблюваної системи

Оскільки для рослин одними з найважливіших параметрів для розвитку є світло та нормований полив, тому моніторинг та аналіз даних має бути залучений в системі, а саме буде збір даних щодо вологості і перевірка їх до поставлених норм, система буде виконувати автоматичне регулювання водопостачання, а саме якщо рівень вологості ґрунту буде опускатися до певної межі, яка не задовільняє оптимальним показникам для рослини, то буде вмикатися полив, і буде зупинка подачі води, коли буде досягнуто відповідного рівня вологості. Також для

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 30 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

контролю освітлення буде залучено правила та алгоритми, а саме: як було з'ясовано що у різні фази росту, рослина потребує більше якогось певного виду світла, тому мають бути залучені такі кроки, якщо відбувається контроль молоді рослини, та визначається пора року, коли вона посаджена, буде певну кількість днів застосовуватися більш довго та активно лампи, що буде допомагати рослині швидше рости, на етапі цвітіння буде задіяно більше червоного світла, на кожен період буде виставлено певні години на вмикання освітлення, також якщо будуть похмурі дні, система буде це також визначати, і за відповідними алгоритмами та нормами додавати або зменшувати кількість освітлення, також можлива візуалізація за допомогою побудов графіків та діаграм, які будуть візуалізувати як вологість ґрунту, освітлення впливало на ріст рослини, що далі дасть можливість змінювати методи та алгоритми для покращення роботи системи.

Саме з таким гнучким підходом, аналізом та автоматизацією, система має зберегти багато ресурсів, полегшити полив, сприяти максимальному розвитку рослин.

Як варіант можливо розширити функціональність, наприклад, визначати ще температуру, і в залежності від температури збільшувати чи зменшувати полив, якщо висока температура, то варто більше поливати і навпаки [15]. Для аналізу також можна визначати кількість листків та їх стан, у випадку якихось проблем зі здоров'ям рослини варто корегувати полив та освітлення, також додати функцію, додавання добрив.

Також для економії енергії та наявності не надто вибагливих рослин можливо обійтися лише запрограмованим часом поливу та освітленості.

Розробники вибирають відповідні стратегії, які є ідеальним балансом між поставленою задачею та її економічною складовою [16].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 31 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.7. Огляд аналогів розроблюваної системи



Рис. 12. Гідропонна установка HydroBoss 5.0

Гідропонна установка HydroBoss 5.0 (Рис. 12) [17]. Система для вирощування зелені та мікрозелені на основі методу гідропоніки. Гідропоніки основний принцип покладається в тому, що рослини вирощуються без ґрунту тільки на поживних речовинах. Дана установка включає стелаж з 5 ярусами, помпу подачі води, систему розподілу, регулювання рівня підтоплення, світло по 2 лампи на один ярус з потужністю 18 Вт, блок управління через wi-fi на 2 реле одне для світла друге для поливу. Ціна – 31499 грн.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 32 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рис. 13. Greencap Bicolor

Автоматичний пророщувач для рослин і розсади *Greencap Bicolor* (рис. 13), з зволожувачем і фітолампами [18]. Дана система дає можливість задати та підтримувати потрібну вологість, за допомогою блоку управління можна задати час світлового дня для розсади, відповідні лампи будуть вмикатися в заданий час, світити необхідну кількість годин та автоматично вимикатися, також цікавий додаток є, а саме, є спеціальні отвори для вентиляції з сіткою, що не дозволяють потрапити до контейнера комахам, як, наприклад, фруктовим мушкам. Але рекомендується, як рослини проростуть до розміру 10-15 см, пересадити їх в природні умови.

Лампи мають такі характеристики: освітленість – 453.4 лк, два резервуари кожен 0,6 л, що дозволяє підтримувати вологість протягом 2 діб. Ціна – 2975 грн.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 33 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рис. 14. Система поливу за допомогою сонячної панелі

Система поливу за допомогою сонячної панелі (рис. 14) [19]. Сонячну панель можливо поставити в землю, чи прикрутити до якогось предмета, при встановленні частоти поливу є різні варіанти, наприклад поливатися буде кожні 12 годин протягом 5 хв, є 6 режимів поливу з різною частотою, після 6 годин потрапляння сонячного світла, пристрій буде повністю буде заряджений, і буде працювати до 30 днів без подальшого освітлення. Можна встановлювати частоту поливу для кожної рослини індивідуально за допомогою різних крапельниць. Ціна – 674 грн.

Кожна система має свої переваги, Greensar Bicolor контролює як і вологість, так і освітлення, та захист від комах, її недолік полягає в тому, що вона орієнтована лише на розсаду, тобто в майбутньому коли виросте рослина, систему не можна буде використовувати для подальшого контролю росту. HydroBoss 5.0 є найдорожчою серед 3 запропонованих, але можна контролювати ріст багатьох рослин, з контролем і поливу, і освітлення, але її можна використовувати лише для невеликих рослин, зручністю ще є, що можна контролювати через wi-fi її роботою. Система поливу з використанням сонячної панелі є найдешевшою, може контролювати лише полив 5 рослин, також не можна відрегулювати вручну кількість поливу, також не контролює освітлення, але має такі переваги як

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 34 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | | | | | |

використання сонячної енергії, що в той самий час може бути недоліком на випадок якщо протягом довгого часу не буде сонця, також можливо є не самим зручним кріплення самої панелі. Виходячи з цього кожен для своїх потреб має обрати що йому більше до вподоби, орієнтуватися на функціонал чи ціну, знаходити баланс, який дасть максимальний результат.

Висновки до розділу 1

У даному розділі було визначено основні особливості росту та розвитку рослин, що сприяють покращенню їх стану, їх біологічні особливості, ознайомлено з системами, які використовують на підприємствах, їх переваги та вплив на врожайність, методи якими користуються для збільшення врожайності. Ознайомлено з принципами роботи гігрометра та люксметра, розглянуто сучасні їх моделі, основні характеристики, на які варто звертати увагу при виборі, порівняно дорогі версії з більш дешевими, визначено різницю в їх можливостях та параметрах.

Відповідно до поставлених цілей та задач розглянуто основні функціональні вузли для розроблювальної системи та їх характеристики, підібрано для них альтернативи і додаткові вузли. Враховано всі нюанси, які можуть вплинути на ефективність через полив та освітлення, проаналізовано переваги від автоматизації такої системи. Встановлено, що у порівнянні з ручним поливом, автоматизований варіант має набагато більше переваг, починаючи з облегшення роботи для людини і закінчуючи покращенням умов життя рослин.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 35 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РОСТУ РОСЛИН

2.1. Розробка структурної схеми системи

При розробці автоматизованої системи важливим етапом є розробка структурної схеми автоматизації, яка дає найбільш загальне уявлення про всі взаємозв'язки та призначення компонентів.

2.1.1. Структурна схема автоматизації процесу поливу

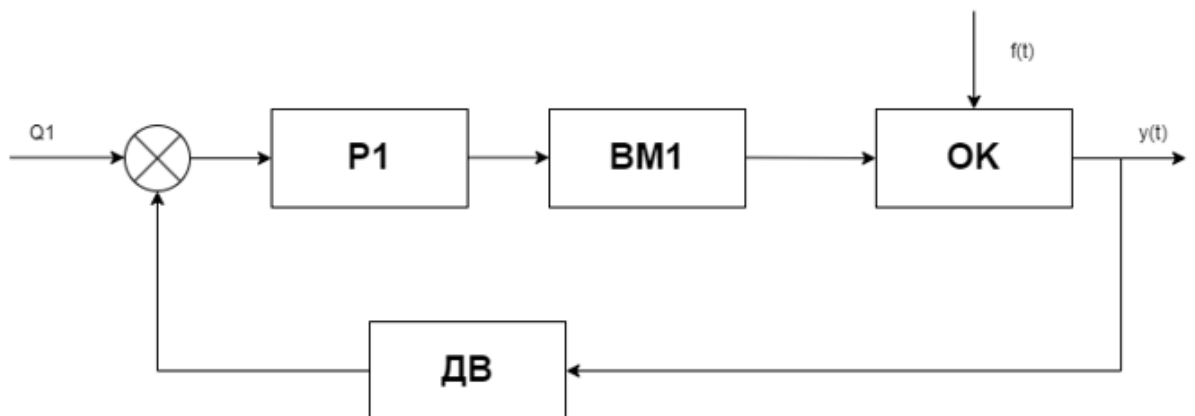


Рис. 15. Узагальнена структурна схема для автоматизованої системи поливу рослин

За схемою (рис. 15):

- $Q1$ – задана вологість, яка є необхідною нормою для рослин.
- Датчик вологості та температури ґрунту (ДВ): Вимірює рівень вологості та температуру ґрунту, щоб визначити, коли потрібно поливати рослини.

- Порівняння вимірних даних з пороговими значеннями. Компаратор порівнює вимірні дані з заданими пороговими значеннями, щоб визначити, чи необхідно включити або вимкнути полив.

- Регулятор (P): Приймає рішення на основі результатів порівняння. Він визначає, чи потрібно активувати виконавчий механізм для поливу рослин.

- Виконавчий механізм (BM1): Це пристрій, такий як насос або клапан, який активується або вимикається згідно з рішенням регулятора. Він контролює подачу води на рослини для поливу.

- $f(t)$ – це збурюючі зовнішні чинники, що можуть впливати на систему.

2.1.2. Структурна схема автоматизації процесу контролю освітлення

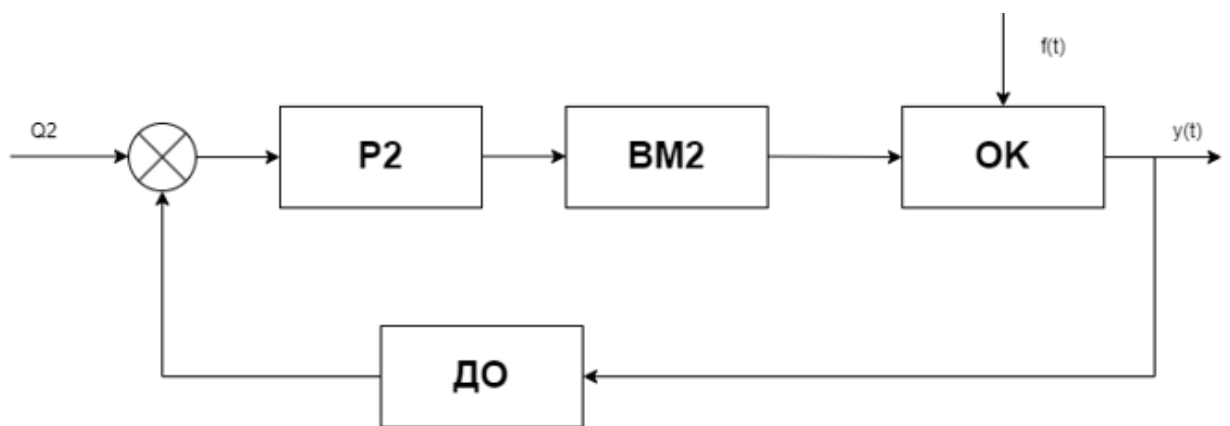


Рис. 16. Узагальнена структурна схема для автоматизованої системи освітлення рослин

За схемою (рис. 16):

- $Q2$ – задане значення освітлення в залежності від періоду дня та спектрального діапазону довжин хвиль.

- Датчик (ДО) освітленості (люксметр) визначає поточне значення величини.

- Компаратор порівнює задане та поточне значення і передає результат на регулятор (P2).

- Регулятор в свою чергу визначає чи потрібно активувати виконавчий механізм (ВМ2), в нашому випадку це лампа з різними режимами освітленості, які є необхідними для рослин (інфрачервоне світло, синє, червоне, зелене). І в залежності від інформації про необхідні параметри світла, буде вмикатися той чи інший режим.

2.1.3. Структурна схема автоматизованої системи контролю росту рослин

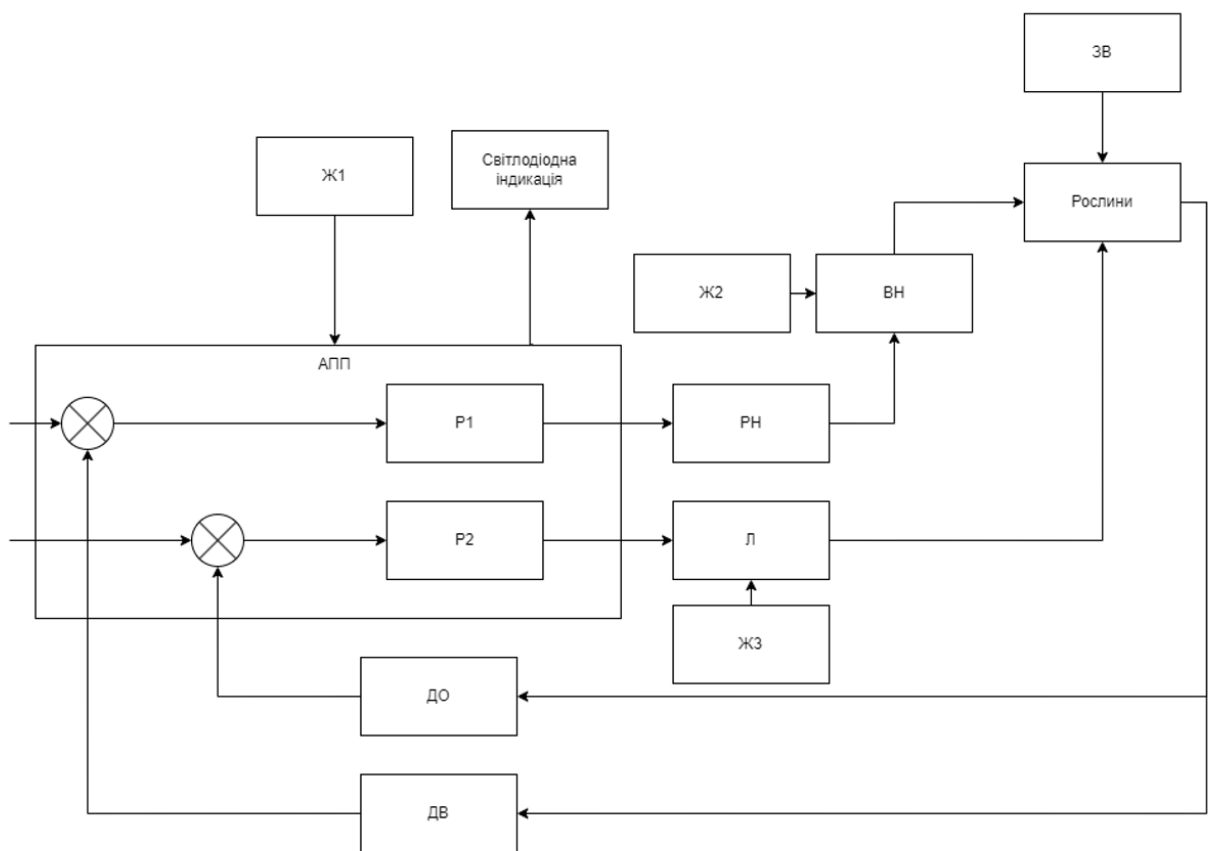


Рис. 17. Структурна схема автоматизованої системи контролю росту рослин

Опишемо роботу за схемою (рис. 17). За заданими вимогами до освітлення та вологості їх значення подаються на компаратор, де порівнюється зі значеннями датчиків вологості (ДВ) та освітлення (ДО). Далі регулятори (Р1,Р2) для вологості та освітлення відповідно приймають рішення, згідно цього подають команди для зрошення на реле напруги (РН) від нього на водяний насос, який працює завдяки

тому, що на нього подається живлення (Ж2), який перекачує воду до рослин, для освітлення запускаються відповідні режими для лампи (Л) для рослин, лампа працює завдяки блоку живлення (Ж3). Також можливий вплив зовнішніх впливів (ЗВ) як, наприклад, зливи якщо система працює з рослинами ззовні чи природне сонячне світло. На апаратно-програмну платформу (АПП) подається живлення (Ж1), і світлова індикація свідчить про роботу мікроконтролера чи успішно все проходить.

2.2. Аналіз типів необхідного для росту рослин випромінювання

У першому розділі було поверхнево описано про роль різних видів світла на ріст рослин. Для розробки системи нам необхідно все ж з'ясувати, які випромінювачі використати для максимального ефекту. Для початку ознайомимось з кожним з них та його впливом на рослини. Ультрафіолетове світло охоплює діапазон довжин хвиль 10-400 нанометрів, до речі, цей вид освітлення для рослин викликає найбільше суперечок.

Узагалі є 4 види ультрафіолетового освітлення, але лише два з них можна використовувати для рослин, бо з двома іншими не є можливо працювати на Землі. УФ-А світло зазвичай використовується для ламп, знаходиться в межах 320-400 нм. Взагалі УФ промені знаходяться поза межею видимого спектру для людини, проте УФ-А можуть сприймати деякі види птахів та дуже мала кількість людей, які мають захворювання, що впливають на їх кришталик. Та УФ-В промені 290-320 нм, більша частина яких поглинається озоновим шаром, проте значна кількість все ж доходить до земної поверхні. Доведено, що УФ збільшує процес фотосинтезу на 12% відповідно до досліджень рецензованого журналу *Oecologia*. Інше дослідження, проведене *Scientia Horticulturae*, стверджує, що під дією УФ променів збільшується розмір листя, пришвидшується ріст рослин. Також важливим впливом УФ є збільшеною кількістю вироблення смоли у рослин, що тим самим впливає на більш насичений смак, запах та колір рослин. При надмірному впливу УФ, наприклад, якщо на рослину надто довго надходить вплив

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 39 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

даного освітлення або ж джерело знаходиться надто близько до рослин, то листя, плоди можуть починати знебарвлюватись, що призведе до втрати врожаю. Також, якщо орієнтуватися на ціну, то УФ лампи коштують дещо дорожче порівняно з іншими.

Синє світло (400-520 нм), основною задачею якого є вплив на фотосинтез, вміст хлорофілу в рослинах, впливає на висоту рослини та товщину листя. При надмірному освітленні даного типу може зупинитися ріст. Для повноцінного фотосинтезу потрібна низька інтенсивність синього кольору. Даний вид світла впливає на роботу продихів у рослин. продихи – пори в рослин, які сприяють газообміну, через них відбувається процес поглинання вуглекислого газу та виділення кисню. Можна зробити висновок, що 400-520 нм (синє) світло впливає на фотосинтез, вміст хлорофілу в рослині, що впливає на товщину листя і висоту рослини. Занадто багато світла може призупинити ріст, тому його потрібно використовувати в межах повного спектру.

Червоне світло (630-600нм) не є надто корисним для людей, проте є одним з найкращих для рослин [20, 21]. Але, якщо рослини освітлюються лише під червоним освітленням, вони мають видовжені стебла та тонке листя. Зазвичай за таких умов ріст рослин не вважається бажаним, проте використання 80-90% червоного світла та 10-20% синього є чудовим варіантом, при цьому відбувається сприяння цвітінню та плодоношенню.

Інфрачервоне світло (720-740 нм) може допомогти розвинути більше листя, пришвидшити цвітіння. Звісно, можливий зворотній ефект, коли при надто інтенсивному впливу ІЧ випромінювання може відбутися знеколюрення листя. Помірний вплив ІЧ та червоного світла є оптимальним для росту рослин [22,23].

Зелене світло (500-600нм), як вважається, майже не має впливу на ріст рослин. Жовте та біле світло мають найменший вплив на ріст рослин. З цього можна визначити, що для нашої системи найкраще обрати червоне, ІЧ та синє освітлення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 40 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.3. Підбір приймачів випромінювання

Оскільки було вирішено щодо типів світла, які будуть найбільш підходящими для рослин, тепер необхідно прийняти рішення, які приймачі випромінювання підібрати. Першим, на що варто звертати увагу при даному виборі, це те, що фотодіод має сприймати випромінювання в діапазонах відповідно до обраних типів освітлення [24, 25].

Датчик кольору TCS230 (рис. 18). Датчик кольору TCS230 поєднує в собі налаштовувальні кремнієві фотодіоди та перетворювач струм-частота на одній монолітній КМОП-мікросхемі [26]. Повномасштабна вихідна частота цього датчика кольору може бути розширена за допомогою одного з трьох попередньо встановлених значень поданих через два вхідних контакти. TCS230 поставляються з цифровим входом і виходом, які дозволяють безпосередньо підключатися до мікроконтролера [27, 28].

Характеристики:

- вхідна напруга: 3В-5В;
- оптимальна відстань визначення кольору: 10 мм;
- високоякісна конвертація інтенсивності світла в частоту;
- програмований колір та повномасштабна вихідна частота підключення безпосередньо до мікроконтролера розміри плати 30 мм на 24 мм;
- спектральна чутливість TCS230/TCS3200;
- TCS230/TCS3200 має фотодіоди, чутливі до різних спектрів світла:
 - червоний фільтр: приблизно 600-700 нм;
 - зелений фільтр: приблизно 500-600 нм;
 - синій фільтр: приблизно 400-500 нм.
- прозорий (немає фільтра): чутливий до всього діапазону видимого світла (400-700 нм) [29].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рис. 18. Датчик кольору TCS230



Рис. 19. Hamamatsu S9032-02

Hamamatsu S9032-02 (рис. 19) – датчик кольору, який має 3-канальний (RGB) фотодіод, чутливий (рис. 20) до синьої ($\lambda_p = 460$ нм), зеленої ($\lambda_p = 540$ нм) і червоної ($\lambda_p = 620$ нм) областей спектра. S9032-02 має 3-сегментну (RGB) круглу світлочутливу область діаметром 2 мм. Також його плюсом є те, що відсутня чутливість в ближньому ІЧ діапазоні. Діапазон спектрального відгуку близький до чутливості людського ока [30].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 42 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

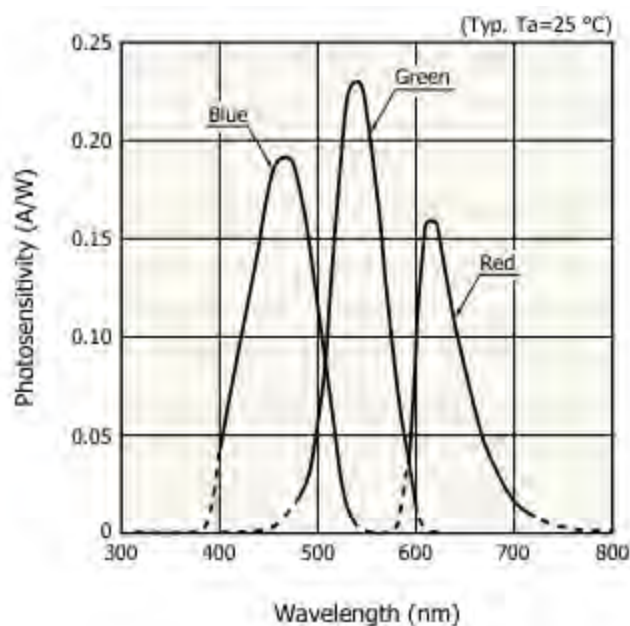


Рис. 20. Спектральна чутливість Hamamatsu S9032-02

| Parameter | Symbol | Value | Unit |
|-----------------------|-------------|------------|------|
| Reverse voltage | $V_{R\max}$ | 10 | V |
| Operating temperature | T_{opr} | -25 to +85 | °C |
| Storage temperature | T_{stg} | -40 to +85 | °C |

Рис. 21. Максимальні умови для роботи Hamamatsu S9032-02

Як бачимо, Hamamatsu S9032-02 витримувати досить високі та низькі температури (рис. 21).

| Parameter | Symbol | Condition | Min. | Typ. | Max. | Unit | |
|----------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------|-------|------------|------|---------------|-----|
| Spectral response range | λ | Blue | - | 400 to 540 | - | nm | |
| | | Green | - | 480 to 600 | - | | |
| | | Red | - | 590 to 720 | - | | |
| Peak sensitivity wavelength | λ_p | Blue | - | 460 | - | nm | |
| | | Green | - | 540 | - | | |
| | | Red | - | 620 | - | | |
| Photosensitivity | S | $\lambda = \lambda_p$ | Blue | 0.13 | 0.18 | - | A/W |
| | | | Green | 0.18 | 0.23 | - | |
| | | | Red | 0.11 | 0.16 | - | |
| Dark current | I_D | $V_R = 1\text{ V}$ All elements | - | 5 | 100 | pA | |
| Temperature coefficient of I_D | T_{CI_D} | | - | 1.12 | - | times/°C | |
| Rise time | t_r | $V_R = 0\text{ V}$, $R_L = 1\text{ k}\Omega$ 10% to 90% | - | 0.2 | 1.0 | μs | |
| Terminal capacitance | C_t | $V_R = 0\text{ V}$ $f = 10\text{ kHz}$ | - | 40 | 80 | pF | |

Рис. 22. Електричні та оптичні характеристики Hamamatsu S9032-02

Умови електричні та оптичні при оптимальній температурі 25 градусів Цельсію для кожного фотодіода наведені на рис. 22.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

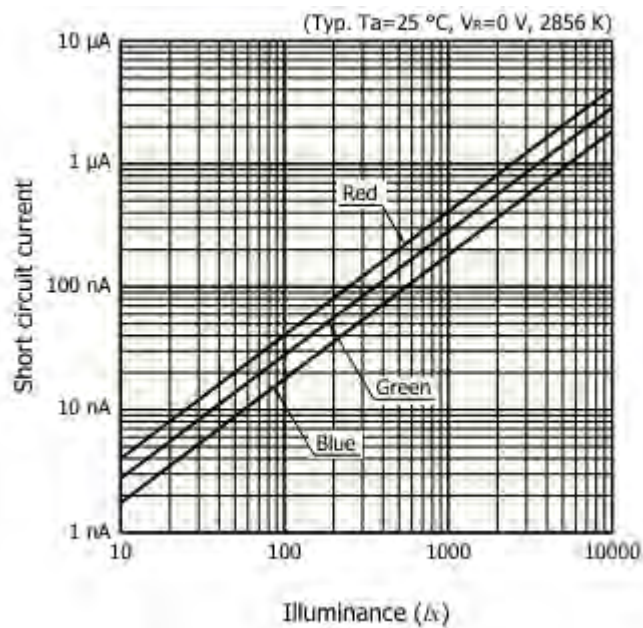


Рис. 23. Лінійність характеристик Hamamatsu S9032-02

Також з графіку (рис.23) можна побачити абсолютно лінійні характеристики, які свідчать, що даний пристрій має мінімальну похибку при даних умовах [31, 32].

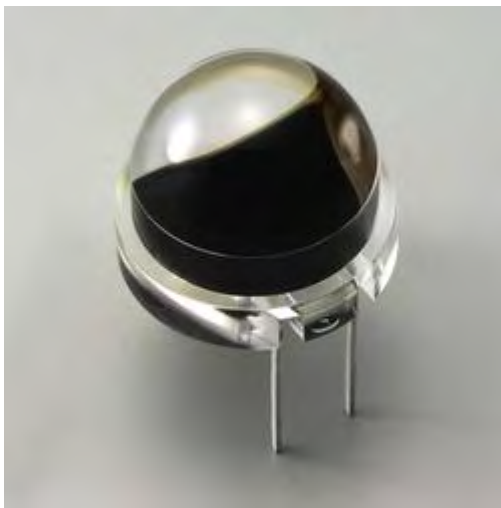


Рис. 24. Фотодіод Hamamatsu S6801-01

Hamamatsu S6801-01 (рис. 24). Цей фотодіод має лінзу діаметром 14 мм, яка в свою чергу концентрує світло на фоточутливу область діода. Пристрій S6801-01 має вбудований оптичний фільтр, що свідчить про те, що він чутливий до ІЧ і не чутливий до видимого світла. Ефективна фоточутлива площа: 150 mm^2 [33].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 44 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| Type No. | Spectral response range λ (nm) | Peak sensitivity wavelength λ_p (nm) | Photosensitivity S $\lambda=850$ nm | | Short circuit current I_{sc} 100 μ A 2856 K | | Dark current I_D $V_R=10$ V | | Temp. coefficient of I_D T122 (times/ $^{\circ}$ C) | Cutoff frequency f_c $V_R=10$ V $R_L=50 \Omega$ $\lambda=850$ nm, -3 dB | | Terminal capacitance C_t $V_R=10$ V $f=1$ MHz | | Half angle* (degree) |
|----------|----------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------|-----------|----------------------|
| | | | Min. (A/W) | Typ. (A/W) | Min. (μ A) | Typ. (μ A) | Typ. (nA) | Max. (nA) | | Min. (MHz) | Typ. (MHz) | Typ. (pF) | Max. (pF) | |
| S6801 | 320 to 1100 | 960 | 0.57 | 0.63 | 95 | 120 | 0.5 | 10 | 1.15 | 7 | 15 | 40 | 80 | ± 35 |
| S6801-01 | 700 to 1100 | | 0.5 | 0.55 | 64 | 80 | | | | | | | | |
| S6968 | 320 to 1060 | 920 | 0.57 | 0.63 | 83 | 104 | 0.5 | 5 | | 30 | 50 | 50 | 100 | |
| S6968-01 | 700 to 1060 | | 0.5 | 0.55 | 57 | 72 | | | | | | | | |

Рис. 25. Електричні та оптичні характеристики Hamamatsu S6801-01

Електричні та оптичні характеристики для фотодіода Hamamatsu S6801-01 наведені на рис. 25. Як бачимо, спектральний діапазон його чутливості 700-1100 нм, максимальна чутливість – на довжини хвилі 960. Інші параметри пристрою також задовольняють, але оптичні характеристики цікавлять найбільше, тому що необхідно обрати саме ІЧ фотодіод. Це і підтверджує графік на рис. 26, де чітко видно, що даний пристрій ідеально підходить для ІЧ діапазону.

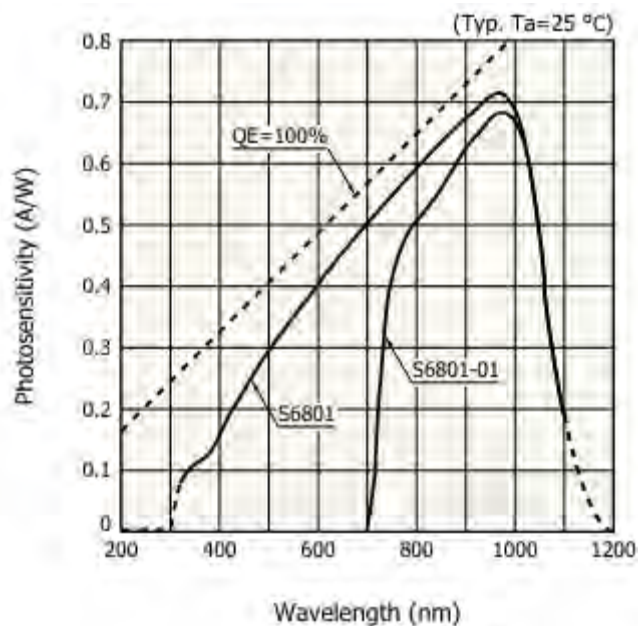


Рис. 26. Спектральна чутливість Hamamatsu S6801-01

Серед порівняних фотодіодів, можна сказати, що варто використати Hamamatsu S9032-02 та Hamamatsu S6801-01. Першим був розглянутий датчик кольору TCS230, але деякі його фотодіоди будуть непотрібні, також у фотодіодів

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 45 |

Hamamatsu S9032-02 кращі параметри чутливості, є 3 необхідні фотодіоди, по всіх параметрах роботи він є більш ефективним порівняно з TCS230. Hamamatsu S9032-02 дозволить працювати з червоним, синім, зеленим світлом, а S6801-01 – чудовий для роботи в ІЧ спектрі, що повністю відповідає потребам проєкту [34, 35].

2.4. Моделювання оптичної системи

Після того, як було обрано компоненти для реєстрації оптичного випромінювання, потрібно розробити оптичну систему, для цього буде використано CAD ZEMAX. Оскільки будуть використані фотодіоди RGB та ІЧ, і їх потрібно поєднати в одну оптичну систему з одним об'єктивом, доцільно працювати в непослідовному режимі даного оптичного програмного пакету. При роботі у даному режимі необхідно насамперед розташовувати елементи відносно початку координат.

Порядок компонентів у моделі наступний: джерело випромінювання, після нього – лінза, далі буде стояти напівпрозоре дзеркало, з якого буде відбиватися перша частина променів і потрапляти на інше звичайне дзеркало, а друга частина буде потрапляти на RGB фотодіод. Перша частина випромінювання після відбиття від «глухого» дзеркала буде потрапляти на ІЧ діод.

У результаті отримано наступні конструктивні параметри системи (рис.27).

| Object Type | Comment | Ref Object | Inside Of | X Position | Y Position | Z Position | Tilt About X | Tilt About Y | Tilt About Z | Material | # Layout Rays | # Analysis Rays | Power (Watts) |
|----------------|---------|------------|-----------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|----------|---------------|-----------------|---------------|
| 1 Source Ra... | | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 30 | 180000 | 1.000 |
| 2 Standard .. | | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 5.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | N-BK7 | 50.000 | 0.000 | 10.000 |
| 3 Standard .. | | 0 | 0 | 0.000 | 10.000 | 30.000 | 45.000 | 0.000 | 0.000 | MIRROR | 0.000 | 0.000 | 5.000 |
| 4 Standard .. | | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 30.000 | 45.000 | 0.000 | 0.000 | N-BK7 | 0.000 | 0.000 | 4.000 |
| 5 Detector .. | | 0 | 0 | 0.000 | -0.350 | 23.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ABSORB | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| 6 Detector .. | | 0 | 0 | 0.000 | 10.000 | 45.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ABSORB | 0.000 | 0.000 | 7.000 |

| Object Type | Tilt About Z | Material | Radius | Conic | Maximum Apert | Minimum Apert | # Angular Zones | # Radial Zones | Data Type | Color | Par 9 (unused) | Scale |
|----------------|--------------|----------|--------|--------|---------------|---------------|-----------------|----------------|-----------|-------|----------------|--------|
| 1 Source Ra... | 0.000 | | 30 | 150000 | 1.000 | 1 | 0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0 |
| 2 Standard .. | 0.000 | N-BK7 | 50.000 | 0.000 | 10.000 | 10.000 | 4.500 | -23.566 | 0.000 | 0.000 | 10.000 | 10.000 |
| 3 Standard .. | 0.000 | MIRROR | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 Standard .. | 0.000 | N-BK7 | 0.000 | 0.000 | 4.000 | 4.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.000 | 4.000 |
| 5 Detector .. | 0.000 | ABSORB | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 Detector .. | 0.000 | ABSORB | 0.000 | 0.000 | 7.000 | 0.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Рис. 27. Параметри системи

У першому рядку було задано джерело випромінювання, для цього обирається тип джерела Source Radial, а параметри X, Y, Z залишаємо незмінними, оскільки випромінювач буде знаходитись на початку координат. Далі заповнюємо кількість променів (вкладка Layout Rays) 30 штук, які будуть відображатися на тіньовій та 3D моделях. На вкладці Analysis Rays (це ті промені, що будуть аналізуватися), для оптимальної роботи обираємо 150000, power (потужність) задаємо 1 Вт [36].

Відповідно до того, що буде 3 основні роботи довжини двиль, у вікні Wavelength задаємо відповідні значення: синій 0,46 нм, червоний 0,62 нм та ІЧ 0,73 нм. Для кожного параметра стоїть Weight 1, оскільки поставлено мету, щоб кожен тип випромінювання впливав однаково порівняно до інших.

Далі по плану побудови оптичної системи йде лінза. Відповідно в Object type (вид об'єкта) обираємо Standart Lens. Лінза не може знаходитись в тій самій точці, що і джерело випромінювання, тому в параметрах зміщення по осі z задаємо 5 мм. Наступний кроком потрібно обрати матеріал оптичного компонента. Для цього у вкладці Material обираємо N-BK7, оптичне скло, що є оптимальним варіантом для даного випадку. Далі задаємо радіус кривизни і обираємо його рівним 50 мм. Коефіцієнт асферичності залишаємо 0, і, зрозуміло, потрібно поставити товщину лінзи – обираємо 4,5 мм. Для радіусу кривизни другої поверхні обираємо 23,5 мм.

Для дзеркала задаємо тип Standart Surface, далі змінюємо параметри розташування і також повертаємо його на 45 градусів відносно осі x. Далі потрібно задати напівпрозоре дзеркало, яке буде знаходитись під непрохорим дзеркалом та після лінзи. Для цього змінюємо параметри x, y, z, які нам підійдуть, та повертаємо компонент також на 45 градусів, щоб частина випромінювання відбивалася на «глухе» дзеркало. Для цього задаємо тип оптичної поверхні Standart Lens, але, щоб воно було напівпрозорим, заходимо у вкладку Coat/Scatter та встановлюємо, що задня поверхня має металеве покриття та пропускає 50% випромінювання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 47 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Останнім етапом залишається спозиціонувати та задати параметри фотодіодів. Для цього обираємо тип поперхні Detector surface і в якості матеріала задаємо absorb (поглинання), за допомогою значень x , y , z розташовуємо їх та задаємо Max Area відповідно до їх параметрів: RGB діод із світлочутливою областю діаметром 2 мм, задаємо в Zemax як 1 мм, для ІЧ діода – відповідно 7 мм. Після чого отримуємо модель оптичної системи, яку можна оглянути в тривимірному пустотілому зображенні (рис. 28) та у вигляді тіньової моделі (рис. 29).

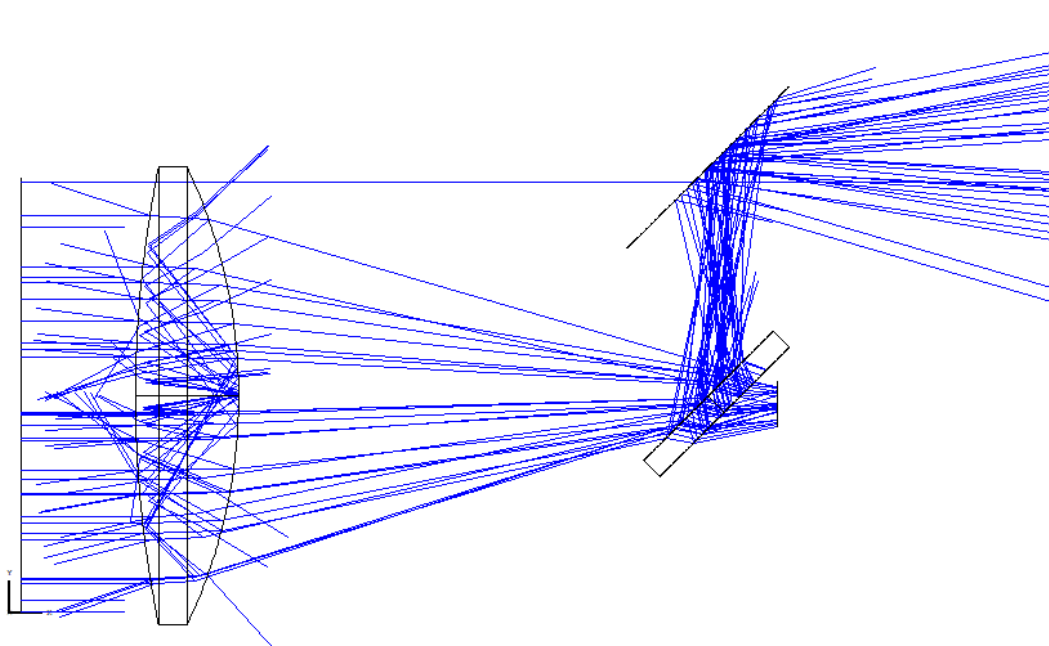


Рис. 28. Тривимірне пустотіле зображення системи

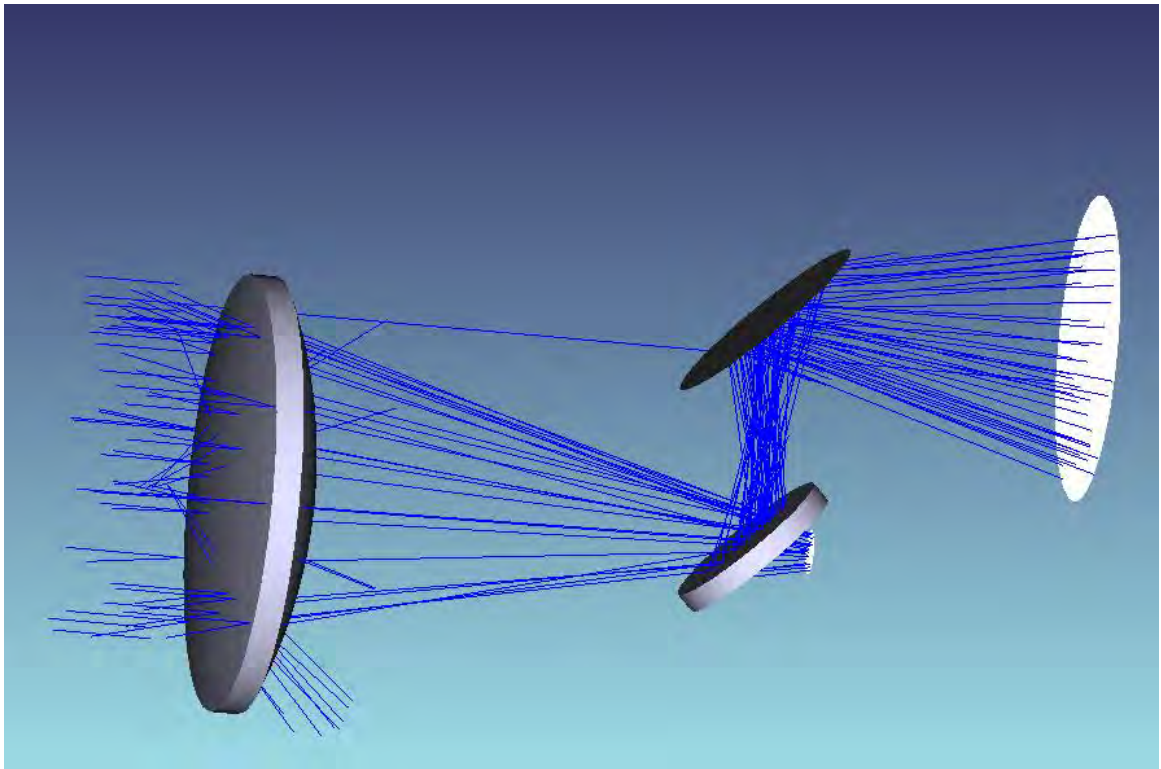
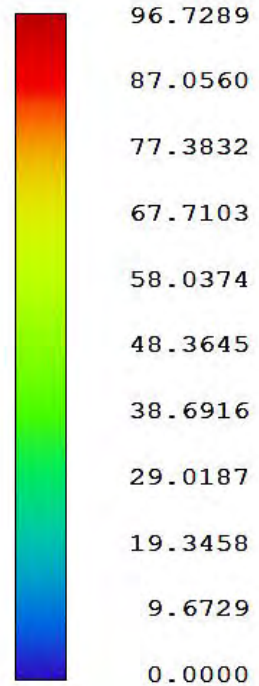
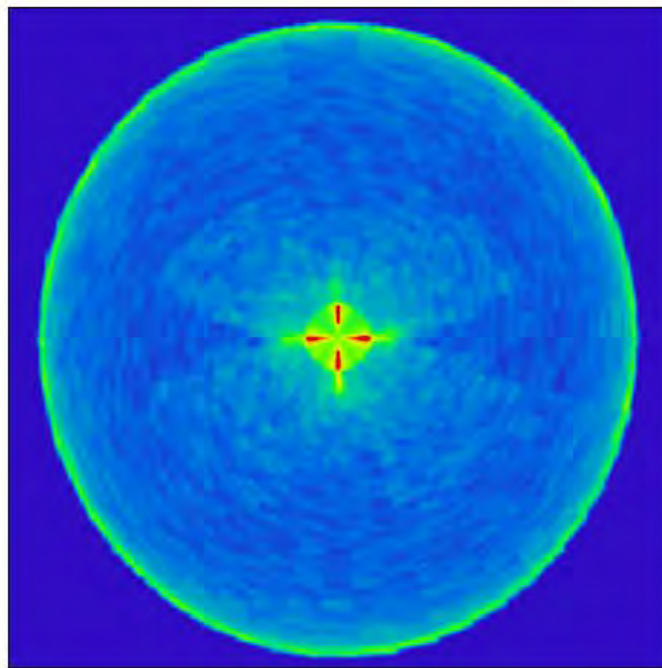


Рис. 29. Тіньова модель оптичної системи

Тепер необхідно проаналізувати, які ж параметри отриманої моделі оптичної системи та рівень її ефективності.

Для RGB отримали такий результат аналізу на основі моделювання:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 49 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Detector Image: Incoherent Irradiance

22.05.2024
 Detector Surface 5, NSCG Surface 1:
 Number of pixels: 4950, Total Hits = 148574
 Peak Irradiance : 9.6729E+001 Watts/cm²
 Total Power : 3.1280E-001 Watts

Рис. 30. Аналіз опромінення для RGB фотодіода

Проаналізуємо для RGB каналу (рис. 30) кількість променів, які потрапили на чутливий майданчик: кількість складає 148574, що є схожим на правду, оскільки, як навіть можна побачити з тіньової моделі, після проходження лінзи деякі промені далі не потрапляють на інші компоненти моделі. Після відбиття від напівпрозорого дзеркала, половина променів повинна була відбитися, а половина – потрапити на чутливий майданчик RGB діода, отже маємо значення кількості близьке до 150000.

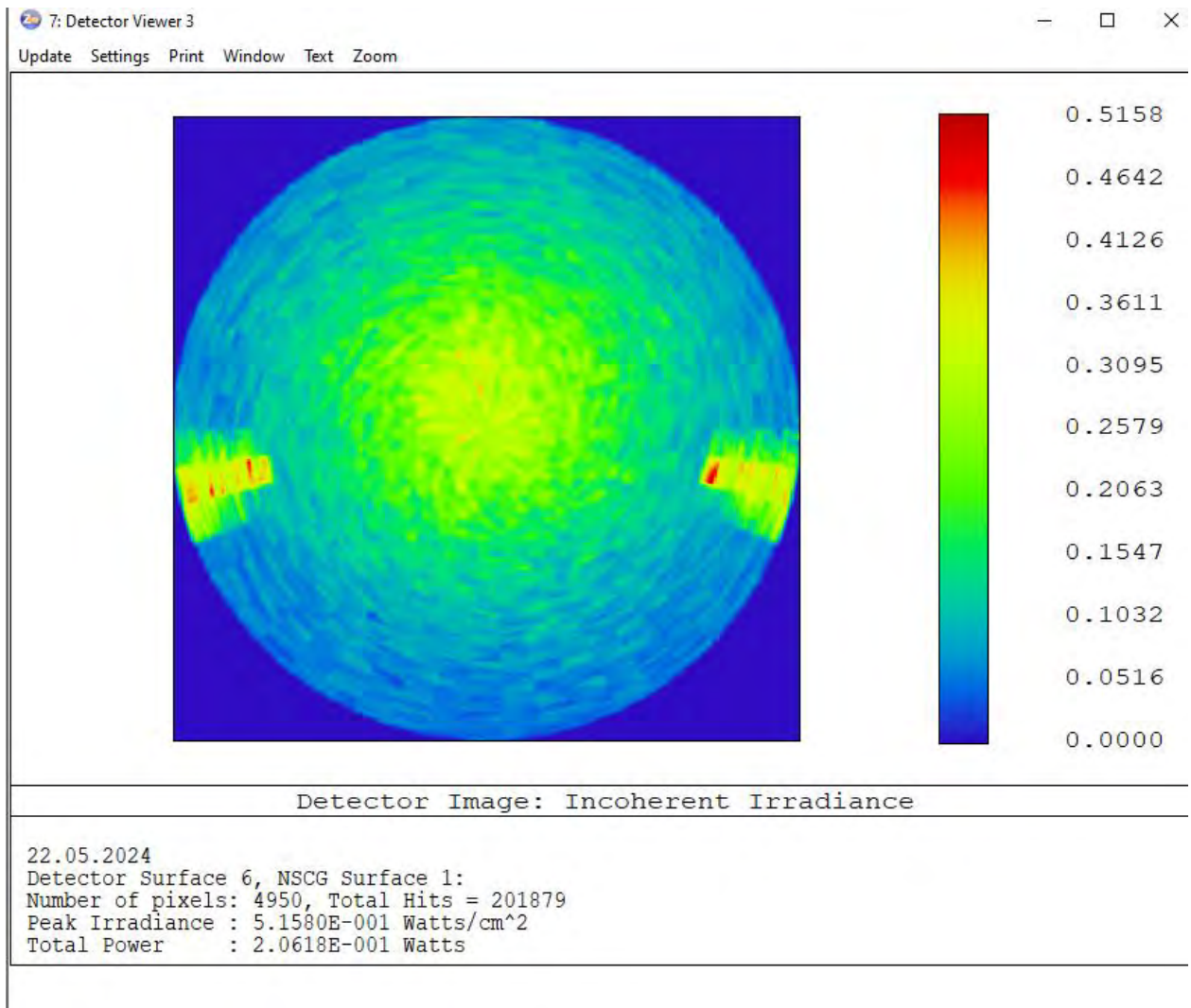


Рис. 31. Аналіз опромінення для ІЧ фотодіода

Значення параметра Total power на друк наведений вище діаграмах означає, що з раніше заданої потужності в 1 Вт для вхідного світлового потоку, на приймач потрапляє у випадку RGB діода 31% енергії, для ІЧ (рис. 31) – 20%. Часткова втрата випромінювання в системі спостерігається, оскільки йде певне поглинання іншими елементами, додаткове відбиття та розсіювання променів світла. За результатами моделювання можемо бачити, як графік показує інтенсивність світла на приймачі в різних точках чутливої площадки. Більш яскраві області вказують на вищу інтенсивність світла, темні – на меншу інтенсивність.

2.5. Розрахунок освітленості на приймачах випромінювання

Необхідно визначити площу чутливих ділянок для RGB та ІЧ приймачів, потрібні дані беремо з даташитів.

Площа чутливої площадки приймача випромінювання RGB:
 $\pi \times r^2 = 3.14 \times 0.0012 = 3.14 \times 10^{-6} \text{ м}^2$.

Площа чутливої площадки приймача ІЧ випромінювання: $15 \times 10^{-5} \text{ м}^2$.

Коефіцієнт поглинання оптичною системою: для RGB каналу $k = 0,47$, для ІЧ каналу $k = 0,46$.

У якості джерела випромінювання для початку розглянемо світлодіодну фітолампу GreenHouse GR-40 (рис. 32).



Рис. 32. Фітолампа GreenHouse GR-40

Світлодіодна фітолампа Gr-40 (40 діодів). Застосування даних LED ламп доцільно при вирощуванні розсади рослин в тепличних комплексах, зимових садах, парниках або гроубоксах, забезпечує оптимальні умови для їх життєдіяльності. Дані LED гідропонні фітолампи володіють відмінними технічними показниками і високою якістю.

Дана лампа має наступні характеристики [37]:

- напруга живлення: 220В;
- цоколь: E27;
- колір світіння: Червоно-синій;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 52 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- світловий потік: 1680 лм;
- еквівалент потужності лампи розжарювання: 25 Вт;
- кількість світлодіодів: 40 шт;
- термін служби (тільки LED), год: 50000;

$$E = \frac{\Phi * k}{S} = \frac{1680 * 0.47}{3,14 * 10^{-6}} = 2.5 * 10^8 \text{ Лк} \quad (6)$$

GroXpress LED Fixtures GroXpress LED 340W FullSpectrum + EUR (рис. 33)

інший чудовий варіант для ПЧ освітлення.



Рис. 33. GroXpress LED Fixtures GroXpress LED 340W FullSpectrum + EUR

Параметри наступні [10]:

- світловий потік (лм): 20400;
- ефективність світильника (лм/Вт): 60;
- кут променя (°): 120;
- група фотобіологічного ризику: RG1;
- сила струму (А): 1,643;
- напруга мережі (В): 220-240;
- коефіцієнт потужності лампи: 0,9;
- пускорегулюючий пристрій типу світлодіодний драйвер постійного струму;
- з можливістю затемнення: так;
- номінальна частота (Гц): 50/60 Гц;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 53 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

– оптимальний робочий режим (°C): 10-40.

$$E = \frac{\Phi * k}{S} = \frac{20400 * 0.46}{15 * 10^{-5}} = 6.256 * 10^7 \text{ Лк} \quad (7)$$

Висновки до розділу 2

У даному розділі перейдено до етапу створення структурної схеми, яка дала уявлення про роботу системи, взаємозв'язки між її компонентами. Також було враховано всі можливі нюанси, що можуть вплинути на роботу системи.

Остаточо проаналізовано та визначено закономірності впливу різних видів світла на процес росту рослин. Обрано необхідні для реалізації системи та досягнення максимальної користі робочі спектральні діапазони оптичного випромінювання. Проаналізовано можливу шкоду від кожного з них при неправильному використанні. Усе це дозволило обрати відповідні моделі фотодіодів та їх характеристики: два фотодіоди, оскільки один працює в межах як червоного, так і зеленого та синього кольорів видимого випромінювання, інший – має чудові характеристики для ІЧ діапазону оптичної частини електромагнітного спектра. Також було розглянуто й інший варіант набору фотодіодів, проте при порівнянні він виявився менш підходящим для розроблюваної системи через відсутність необхідності прозорого фільтру. Таким чином, було обрано оптимальні приймачі випромінювання для вирішення поставлених в проєкті задач.

Отримавши всю необхідну інформацію, було створено оптичну систему та проведено її моделювання і аналіз відповідно для кожного фотодіоду. Також було проведено розрахунок освітленості на приймачах випромінювання для конкретних типів ламп освітлення, проаналізовано їх параметри.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 54 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 3. ВИБІР ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ

3.1. Вибір АПП

Для керування такими процесами в системі як полив і освітлення потрібно обрати мікроконтролер. Також необхідно поливати рослини залежно від рівня вологості, тому потрібно використати датчик вологості. Після того, наприклад, як буде сухим ґрунт, треба чимось подавати воду до рослин, для цього знадобиться водяна помпа, і, як раніше було описано, потрібні елементи для освітлення.

Варто почати з мікроконтролера та апаратно-програмної платформи з ним на борту. Було обрано Arduino Uno завдяки доступності, простоті налаштування.

Arduino UNO (рис. 34) – апаратно-програмна платформа (АПП) на основі ATmega328P. Він має 14 цифрових входів/виходів, 6 аналогових входів, USB-з'єднання, роз'єм живлення, кнопку скидання. Можливість працювати через Arduino IDE, також працює на основі мови програмування C++.

Основними характеристиками пристрою Arduino Uno є [38]:

- пам'ять Flash: 32Kb;
- частота: 16 МГц;
- мікроконтролер: ATmega328;
- вхідне живлення контролера: 5 V-12 V;
- цифрові входи та виходи: 14 шт., з них 6 шт. – ШІМ;
- інтерфейси: I2C/TWI, SPI, PWM;
- розмір: 68 x 53 x 15 мм.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 55 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рис. 34. АПП Arduino Uno

3.2. Вибір датчика вологості

Для визначення рівня вологості ґрунту скористаємось датчиком YL-38, який є доступним і дешевим, проте з невеликим недоліком: при неправильному обслуговуванні його щупи можуть окислитись, що призведе до неправильності результатів вимірювань.

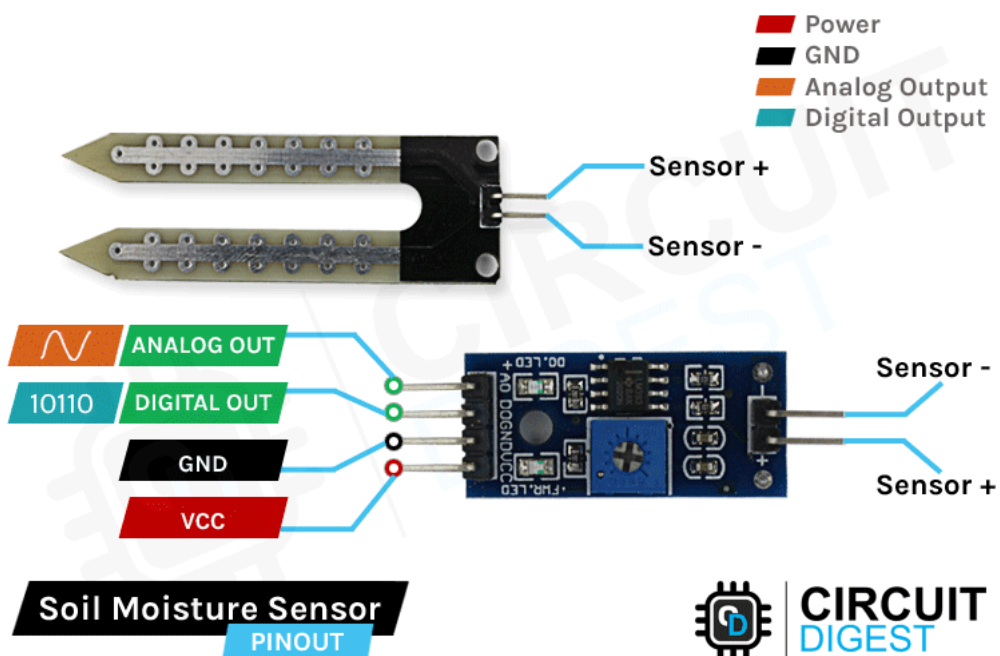


Рис. 35. Датчик YL-38

Як бачимо, для коректної роботи даний датчик вологості (рис. 35) складається зі щупа, що має дві провідні пластини, які й вимірюють вологість, та з

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 56 |

електронної частини (рис. 36), до якої підключається щуп, а з другого боку – VCC (підключення живлення) та GND (заземлення). Analog out – аналоговий вихід, Digital out – цифровий вихід, який виводить тільки 0 або 1. Також для нього є компаратор і елемент для налаштування чутливості, наприклад, можна виставити, який ґрунт вважати вологим, провівши відповідні експерименти. Для реалізації даного проєкту все ж варто скористатися аналоговим виходом. Основа роботи датчика базується на наступному принципі: електричний струм передається від одного зонда до іншого, що дозволяє датчику вимірювати опір ґрунту між ними.

Коли вміст води в ґрунті високий, він має вищу електропровідність (вода є хорошим провідником електрики). Таким чином, виходить нижчий показник опору, що вказує на високу вологість ґрунту.

Коли вміст води в ґрунті низький, він має гіршу електропровідність. Таким чином, отримують більш високі показники опору, що вказує на низьку вологість ґрунту.

Датчик вологості ґрунту, (Soil moisture sensor YL-69) має такі піни під'єднання [39]:

- Vcc – живлення датчика;
- GND – земля;
- A0 – аналогове значення;
- D0 – цифрове значення рівня вологості.

Датчик YL-38 побудований на основі компаратора LM393, який видає напругу на вихід D0 за принципом: вологий ґрунт – низький логічний рівень, сухий ґрунт – високий логічний рівень. Рівень визначається граничним значенням, яке можна регулювати за допомогою потенціометра. На висновок A0 подається аналогове значення, яке можна передавати в контролер для подальшої обробки, аналізу та прийняття рішень.

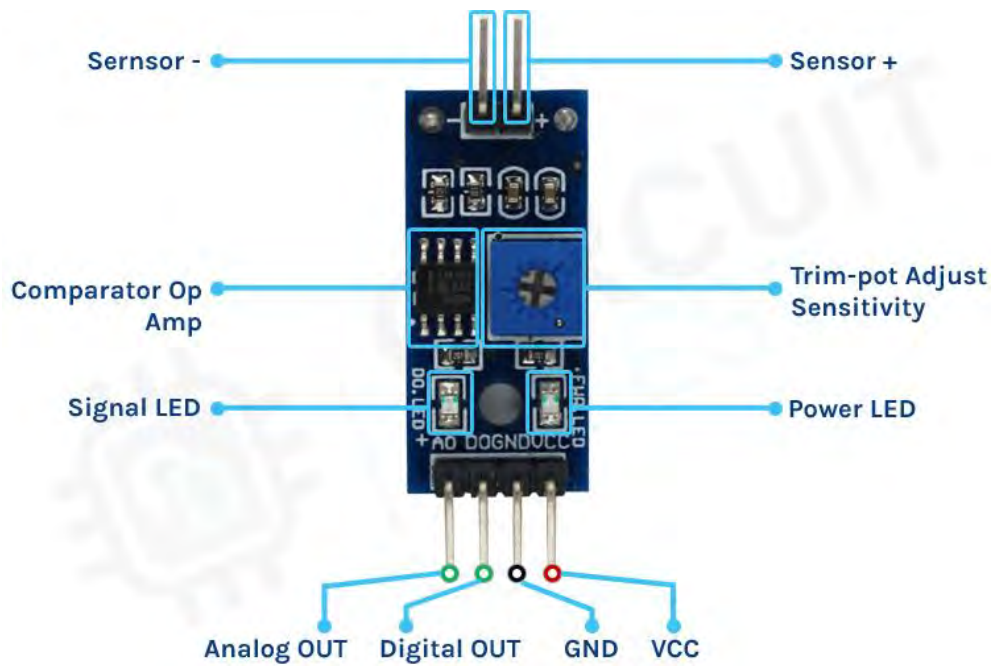


Рис. 36. Складові електронної частини датчика YL-38

3.3. Вибір водяної помпи

Наступний етап – це підбір водяної помпи: обираємо дешевий варіант DC Water Pump – Micro DC 3-6V Submersible Mini Water Pump (рис. 39).



Рис. 37. Micro DC 3-6V Submersible Mini Water Pump

Характеристики пристрою наступні [40]:

- напруга живлення: 2,5 - 6 В;
- потужність: 0.4 - 1.5 Вт;
- струм залежить від напруги живлення;
- швидкість перекачування рідини: до 2 л / хв або 120 л / год;
- матеріал корпусу: пластик, загерметизований;
- максимальна висота водяного стовпа: 0.4 - 1.1 м;
- може перекачувати масло і воду.

3.4. Вибір реле напруги

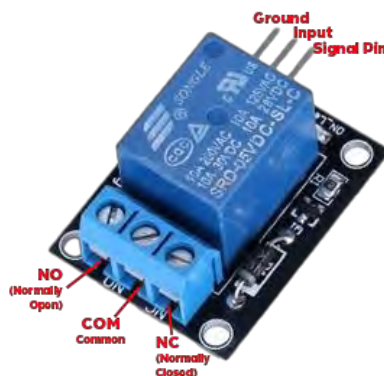


Рис. 38. Реле напруги

Метою використання реле напруги (рис. 38) є управління високовольтними електричними пристроями, в нашому випадку доведеться його використати для контролю роботи водяної помпи (6В) за допомогою низьковольтного мікроконтролера, як в Arduino.

Технічні характеристики одноканального реле Arduino [41]:

- 1 - канальний реле;
- керувальний сигнал 5V;
- з гвинтові клеми;
- максимальний струм комутації 10 А;
- максимальна напруга 220 В;
- світлодіод показує стан реле.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 59 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.5. Вибір боксу для батарейок

6-Вольтовий бокс для чотирьох 1,5В батарейок (рис. 39) знадобиться знову ж таки через характеристики водяної помпи з параметрами живлення, яке не може подати Arduino, тому й знадобиться 4 батарейки 1.5В [42].

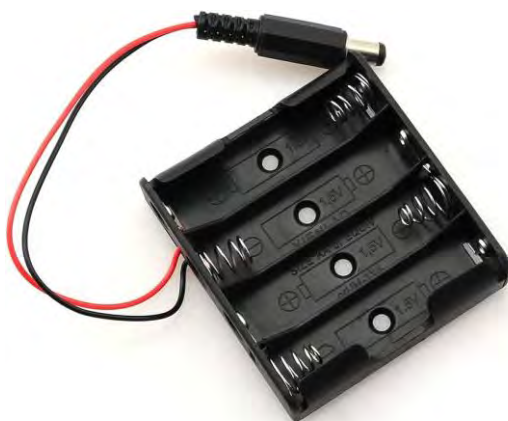


Рис. 39. Бокс для 4 1,5В батарейок живлення

3.6. Вибір світлодіодної індикації

Є два варіанти, як може проходити світлодіодна індикація, яка свідчить, чи проходить все успішно в системі та які процеси в ній відбуваються. Перший варіант – за допомогою чотирьох світлодіодів (рис. 40), наприклад, червоного (свідчить, що полив вимкнений), зеленого (відбувається процес поливу). З боку освітлення також буде встановлено, наприклад, жовтий світлодіод (відбувається освітлення за допомогою ламп), і червоний (освітлення вимкнено).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 60 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рис. 40. Червоний світлодіод

Характеристики діода [43]:

- колір світіння: червоний;
- діаметр: 3 мм;
- форма лінзи: коло;
- колірна температура: 620-630 нм;
- інтенсивність світіння: 5000 -8000 мкд;
- кут огляду: 90 град;
- пряма напруга: 1.9 - 2.1 В;
- прямий струм: 20 мА.

Також варто використати резистор для обмеження струму. Без резистора світлодіод може згоріти, якщо напруга на резисторі буде надто велика, то резистор може стати тьмяним. Arduino забезпечує живлення на виходах з напругою 5 В, що набагато вище допустимої напруги для більшості світлодіодів [44].

Розрахуємо для світлодіодів необхідні значення резистора за формулою та значеннями:

- $V_{\text{системи}}$ – напруга виходу Arduino(5В);
- $V_{\text{світлодіоду}}$ – напруга падіння(2В);
- $I_{\text{світлодіода}}$ – струм світлодіода(20мА=0.02А).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 61 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

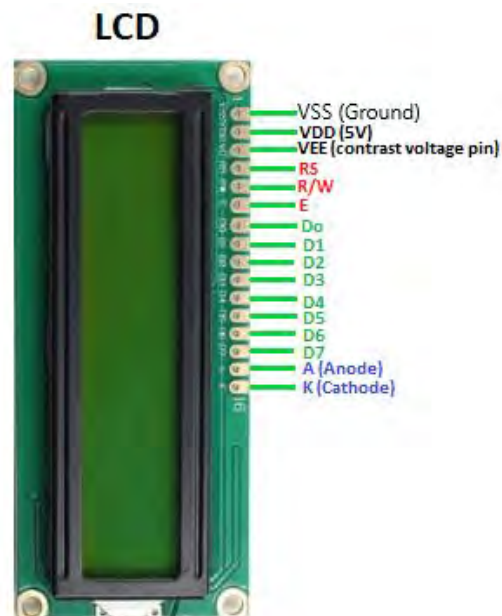
$$R = \frac{V_{\text{системи}} - V_{\text{світлодіода}}}{I_{\text{світлодіода}}} = \frac{5\text{В} - 2\text{В}}{0.02\text{А}} = 150 \text{ Ом} \quad (8)$$

За розрахованим значенням можна зробити висновок, що резистор (рис. 41) з опором 150 Ом є найкращим варіантом для даних світлодіодів.



Рис. 41. Резистор 150 Ом

Інший варіант – це використання рідкокристалічного дисплея (рис. 42), який буде виводити текстом інформацію про роботу системи. Дисплей складається з рідких кристалів, які змінюють положення під впливом електричного поля. [48]



| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 62 |

Рис. 42. Рідкокристалічний дисплей

Даний дисплей має такі піни підключення [45-47]:

- VSS: Земля (GND);
- VDD: Живлення (+5 В);
- V0: Контраст світіння (підключається через потенціометр);
- RS – контакт вибору реєстру, чи, наприклад, будуть подаватися такі команди як: куди встановити курсор, очистити дисплей або його вимкнути, та інший режим – можуть подаватися дані;
 - R/W – вибирає режими читання чи запису на РКД;
 - E – дозволяє записувати в реєстри або наступні 8 контактів (D0-D7), через які подається 8 бітна інформація, через яку і можна отримувати потрібні символи;
 - A/K – анод/катод – призначенні для підсвічування.

Порівняно з світлодіодами, яких потрібно 4 елементи та 4 резистори, але їх набагато простіше налаштувати, тому варто скористатися саме ними, а не РКД, через який можна було б отримувати більше інформації про систему і її роботу, проте дану функцію спокійно можна замінити світлодіодами.

Висновки до розділу 3

Обрано електронні компоненти, що необхідні для реалізації системи, проведено огляд кожного з них, проаналізовано принцип роботи. Усі підібрані компоненти є досить легкими в налаштуванні та є доступними кожному споживачу. При правильній експлуатації вони будуть працювати протягом довгого періоду, що зробить систему дешевою, а у випадку виходу з ладу, компоненти легко замінюються і головне – дозволяють отримати бажаний результат. Було обґрунтовано необхідність включення тих чи інших компонентів до системи для запобігання можливих несправностей в роботі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 63 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Проведено огляд аналогів для реалізації світлодіодної індикації в системі, потрібно було визначитись, чи краще використати дисплей або звичайні світлодіоди. До уваги бралися мета індикації, а саме, щоб користувачу було зрозуміло, які процеси відбуваються в системі. Також важливим аспектом була простота налаштувань. Проведений пошук та аналіз дозволив знайти «золоту середину» і прийняти рішення використати саме звичайні світлодіоди: важкість вибору полягала в тому, що кожен з варіантів, звісно, мав свої відповідні переваги та недоліки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 64 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

У ході розробки бакалаврського проєкту поставлено за мету автоматизувати процес вирощування рослин з мінімізацією людського втручання та досягненням максимальної продуктивності розвитку рослин. Проаналізовано актуальність теми, досліджено поточні проблеми, що пов'язані з врожайністю через різні фактори зовнішнього впливу. Ознайомлено з сучасними існуючими методами контролю росту рослин. Проведено порівняння між різними методиками, проаналізовано відповідно до літературних джерел особливості рослин, які варто брати до уваги при розробці системи, наприклад, які параметри мають найбільший вплив на оптимальний розвиток рослин. Зроблено висновок, що освітлення та вологість ґрунту мають найбільш вагомий вплив на процес їх росту.

Для створення уявлення про майбутню систему було розроблено структурні схеми з повним поясненням щодо взаємозв'язків та компонентів у них, що дозволило виконати реалізацію та виявити складнощі, які можуть виникнути під час розробки. На їх основі надалі поетапно підібрано компоненти, необхідні для виконання основних функцій системи. Відповідно до поставлених задач розроблено унікальну оптичну схему та обрано приймачі випромінювання. На етапі вибору кожного з них було розглянуто аналоги, за допомогою детального аналізу характеристик та співвідношення фактів, приймалося рішення про використання саме тих, що були надалі об'єднані в одну оптичну систему, яка є компактною та ефективною. Підібрано всі необхідні компоненти для реалізації освітлення та поливу рослин, проведено розрахунки та моделювання для оптимальної роботи компонентів та системи загалом, розглянуто та порівняно альтернативні варіанти набору елементів. Таким чином, система є легкою у використанні та максимально ефективною. Її компоненти легко замінюються у випадку виходу з ладу чи неправильного використання споживачем.

Розроблена система має переваги і з економічної сторони, оскільки завдяки їй буде використовуватись фіксована кількість води, в той час, коли ручний полив має вплив людського фактору, через який може витратиться більше води, ніж

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 65 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

потрібно. Також використання розробленої системи дозволяє застосовувати освітлення виключно за чітким програмним алгоритмом, що, беззаперечно, заощаджує споживання електроенергії.

Здорові та сильні рослини мають більш ефективний процес фотосинтезу, що очищує повітря від вуглекислого газу та виробляє кисень. Останнє у сучасному світі з великою забрудненістю повітря має вагомий вплив на життя людей. Дана система демонструє переваги автоматизації та особливо є корисною для розвитку сільського господарства, а також має суттєву вигоду з економічного боку, оскільки втрата врожаю зазвичай призводить до великих фінансових збитків. З використанням системи, яка буде не просто запобігати неврожайам, а й суттєво пришвидшувати процес росту рослин та покращувати рівень їх здоров'я, отримана продукція буде більш ціннішою на ринку.

У перспективі розвитку даної системи можна розглянути її інтеграцію в систему інтернету речей, що дозволить реалізовувати моніторинг та керувати системою віддалено, а також зробить її ще більш зручною для користувача. З метою підвищення енергозаощадження доцільно розглянути можливість живлення від сонячних батарей, також можливо залучити штучний інтелект, який би проводив збір та аналіз даних про залежність поливу та освітлення, пропонував альтернативні рішення для ще більш ефективного результату.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 66 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Біологія: 6 кл.: Підруч: для загальноосвіт. навч. закл. /І. Ю. Костіков. – К.: Грамота. – 2014. – 188 с.
2. Потреба в освітленості різних видів [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://lifestyle.segodnya.ua/ua/lifestyle/что-такое-dosvechivanie-rasteniy-i-kak-obespechit-svoim-komnatnym-lyubimcam-dostatochnoe-kolichestvo-sveta-zimoyu-770313.html>.
3. Ознаки недостатнього освітлення на рослин [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://wethewild.co/blogs/plant-advice/5-signs-your-houseplants-arent-getting-enough-light>.
4. Вплив різних видів освітлення [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://www.agcled.com/blog/the-effect-of-all-kinds-of-light-on-plants-atop-led-grow-light.html>.
5. Вплив недостатнього освітлення на рослин [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://wethewild.co/blogs/plant-advice/5-signs-your-houseplants-arent-getting-enough-light>.
6. Хвороби рослин при відсутності світла [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://myplantin.com/diseases/lack-of-light>.
7. Ознаки недостатнього поливу [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://www.airowater.com/blog/effect-of-water-scarcity-on-plants/>
8. Вплив недостатнього поливу[Електронний ресурс]– режим доступу до ресурсу: <https://core.ac.uk/download/pdf/42415547.pdf>.
9. Сучасні види контролю росту рослин[Електронний ресурс]– режим доступу до ресурсу: <https://www.eolss.net/sample-chapters/c09/e6-199-02-00.pdf>.
10. Огляд ламп освітлення від виробника [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: https://www.sylvania-lighting.com/media/5621/horticulture-broschuere_v3_en-2up-lr2.pdf.
11. Вступ до фотометрії [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: https://gutpfusik.blogspot.com/2011/10/blog-post_24.html

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 67 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

12. Принцип роботи гігрометра [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://comfortshop.com.ua/blog/gigrometr-elektronnyy-printsip-deystviya/>

13. Гігрометр психометричний [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: https://med-magazin.ua/ua/item_n13993.htm?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw3NyxBhBmEiwAyofDYZ_BhX_9KQVpmKM3UaD5ZekfDVkndmkFOISQVLFpULOPWv4s8815hxoCcwvQAvD_BwE.

14. Фотометр PCE-CRM 40 [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: https://pragmatic.com.ua/pcecrm_40?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=PR_Performance_%D1%81%D0%B2%D1%8B%D1%88%D0%B5_5000_new&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw3NyxBhBmEiwAyofDYfLJWm-UFn7bxzViyuSSnrHOtEkiYfXAUQGmQBFLnKig3ZP6cq5waxoClbkQAvD_BwE

15. Сторожик, Д. В. Комплексування мультиспектральних зображень, як метод підвищення їх інформативності при бінарній сегментації / Д. В. Сторожик, О. В. Муравйов, А. Г. Протасов, В. Г. Баженов, Г. А. Богдан // Наукові вісті КПП. – 2020. – № 2. – С. 82-87.

16. Муравйов О. В. Перспективи розвитку технологій та підвищення рівня автономності БПЛА / О.В. Муравйов, І.О. Довбиш, Р.М. Галаган, Г.А. Богдан, А.С. Момот // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. – 2023. – Том. 34 (73). – № 2. – С. 199-205.

17. Гідропонна установка [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: https://rozetka.com.ua/ua/336851509/p336851509/?utm_l=r&gad_source=4&gclid=CjwKCAjwouexBhAuEiwAtW_Zx1evbAMGK83hZ04fZBKmBYx0B5uHbD6bLwD7epNjuL2djhF-U-9AhoCIyQQA_VwE

18. Greencap Bicolor [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://epicentrk.ua/ua/shop/mplc-prorosuvac-dla-roslin-i-rozsadi-greencap-bicolor-avtomatichnij-zi-zvolozuvacem-i-fitolampami-16928797-1ef061c6-c2cd-688a-8e36-514d49c5671f.html>

19. Система поливу з сонячною батареєю [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: https://prom.ua/ua/p1951148676-avtomaticheskaya-solnechnaya-irrigatsionnaya.html?utm_source=google_pmax&utm_medium=cpc&utm_content=pma

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 68 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

x&utm_campaign=Pmax_cpa_50_dom_i_sad&gad_source=4&gclid=CjwKCAjwgdavBhBQEiwAXhMxtnonPPLXcCMefaD0kjZEMAXtguegUVrEzfdQqRG3aQ5qQeK0gPhRoCT8UQAvD_BwE

20. Вплив освітлення на рослин [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://www.trees.com/gardening-and-landscaping/how-light-affects-plant-growth>.

21. Вплив різних видів освітлення[Електронний ресурс]– режим доступу до ресурсу: <https://www.agcled.com/blog/the-effect-of-all-kinds-of-light-on-plants-atop-led-grow-light.html>

22. Вплив червоного світла на рослин [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://www.canr.msu.edu/uploads/resources/pdfs/red-light.pdf>

23. Вплив інфра червоного світла на рослин[Електронний ресурс]– режим доступу до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC550395/pdf/plntphys00407-0081.pdf>

24. Shannon R. The Art and science of optical design / R. Shannon. – Cambridge University Press. – 1997. – 609 p.

25. Муравьёв А. В. Пассивная термостабилизация оптической системы тепловизора и перспективы его применения в медицинской диагностике / А. В. Муравьёв // Приборостроение – 2017: материалы 10-й Международной науднотехнической конференции, 2017. – С. 385-387.

26. Кучеренко О.К. Методы пассивной атермализации и ахроматизации двухкомпонентных оптических систем / О.К. Кучеренко, А.В. Муравьёв // Вісник НТУУ «КПІ», серія Приладобудування. – 2012. – вип. № 43. – С. 46–53.

27. Назарчук О. О. Компенсація терморозфокусування оптичної системи термографа / О. О. Назарчук, О. В. Муравйов. // Біомедична інженерія. – 2017. – №5. – С. 66–67.

28. Муравьёв А. В. Композиции атермализованных трехкомпонентных инфракрасных объективов / А. В. Муравьёв, О. К. Кучеренко // Наука и техника. – 2015. – № 4. – С. 32–37.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 69 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

29. Датчик tcs230 [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/prod252-datchik-cveta-tcs230>.

30. Datasheet на S9032-02 [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://www.hamamatsu.com/us/en/product/optical-sensors/photo-ic/color-sensor/rgb-color-sensor/S9032-02.html>

31. Fischer R. E. Optical system design / R. E. Fischer, B. Tadic-Galeb, P. R. Yoder // SPIE PRESS BOOK. – 2008. – 624 p.

32. Кучеренко О.К. Вплив температури на абераційні властивості ІЧ об'єктивів / О.К. Кучеренко, О.В. Муравйов, Д.О. Остапенко. // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2013. – № 1. – С. 99-105

33. Datasheet на S6801-01[Електронний ресурс]– режим доступу до ресурсу: <https://www.hamamatsu.com/us/en/product/optical-sensors/photodiodes/siphotodiodes/S6801-01.html>

34. Tyagur V. M. Passive optical athermalization of an IR three-lens achromat / V. M. Tyagur, O. K. Kucherenko and A. V. Murav'ev // Journal of Optical Technology. – vol. 81 (4). – 2014. – pp. 199-203.

35. Муравйов О. В. Сучасний стан та перспективи розвитку адитивних технологій / О. В. Муравйов, Ю. М. Нижник, В. Ф. Петрик, А. Г. Протасов, К. М. Серий // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. – 2021. – Том 32 (71), №5. – С. 114-119.

36. Муравьёв А.В. Термостабилизация качества изображения оптической системы термографа / А.В. Муравьёв, Е.А. Назарчук // Вісник інженерної академії України. – 2016. – вип. №4. – С. 195-199.

37. GreenHouse GR-40 [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://pako-grup.com.ua/ua/p910749924-fitolampa-greenhouse-diodov.html>

38. Arduino Uno [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://arduino.com.ua/ua/p1137698825-plata-arduino-uno.html>

39. Параметри датчика вологості [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/prod521-datchik-vlajnosti-pochvi-gigrometr>.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 70 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

40. Водяна помпа її характеристики [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://techiesms.com/product/submersible-mini-dc-water-pump/>

41. Реле напруги [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://store-usa.arduino.cc/products/1-relay-module-5-vdc-10a-assembled>

42. Відсік для батарейок [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://www.amazon.com/ZRM-Battery-5-5x2-1-Connector-Arduino/dp/B08P1L6JQT>

43. Характеристики червоного світлодіоду [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: https://arduino.ua/prod372-Svetodiod_krasnii

44. Муравьёв А. В. Основные тенденции, проблемы и перспективы развития дисплейной наноэлектроники / А. В. Муравьёв // Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському союзі: 71 матеріали 2-гої науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Польща, Люблін, 2018. – С. 10-11.

45. Характеристики дисплею [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/lcd-tutorial/>

46. Arduino Workshop, 2nd Edition – 168 p.

47. V. Devika, SK. Khamuruddeen et all. Arduino based automated plant watering system / in International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Volume 4, Issue 10, October 2014.

48. Галаган Р.М. Комп'ютерне проектування електронних схем. Комп'ютерний практикум: навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023.- 419с.

49. Куц, Ю. В. Новітні системи та технології. Частина I. Загальні питання побудови та опрацювання даних в комп'ютерно-інтегрованих системах НКТД [Електронний ресурс] / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко, А. С. Момот ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 123 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 71 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ДОДАТОК А

Технічне завдання

1. Найменування приладу.

„ Автоматизована система контролю росту рослин ”.

2. Мета виконання дипломного проекту та призначення приладу.

Розробка автоматизованої системи поливу росту рослин, що може використовуватись як для домашнього вжитку так і на агропідприємствах.

3. Передумови для розробки приладу.

Розробка даного приладу виконується згідно тематики дипломного проектування, затвердженої кафедрою приладів і систем неруйнівного контролю приладобудівного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» та на основі власних спостережень та потреб.

4. Вимоги до технічних характеристик.

Основні параметри:

- Діапазон вимірювання вологості від 0% до 100% з точністю $\pm 5\%$.
- Робочий спектральний діапазон $\Delta\lambda = 400-800$ нм;

5. Робочі умови експлуатації приладу.

Номінальне значення кліматичних факторів відповідно до ДСТУ 12.005-88:

- температура навколишнього середовища $-10...50^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість 65% при температурі навколишнього середовища $20\pm 5^{\circ}\text{C}$;
- атмосферний тиск 750 ± 30 мм.рт.ст.

6. Вимоги до конструкції приладу.

Прилад повинен зберігати працездатність та свої параметри відповідно до ДСТУ 17516-72.

6.1. Конструкція має бути з надійно закріпленими компонентами.

6.2. Максимально компактна та ефективна конструкція.

6.3. Естетичні та ергономічні вимоги.

6.3.1. Привабливий та зрозумілий для користувача дизайн.

6.3.2. Зручність та інтуїтивно зрозуміле розташування елементів контролю.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 72 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

6.3.3. Зручна збірка та розбірка приладу

7. Техніко-економічні вимоги.

7.1. Орієнтовна ціна дослідного зразка приладу повинна бути розрахована до початку проведення робіт.

7.2. Вибір економічно вигідних матеріалів та компонентів без втрати якості.

8. Вимоги до упаковки.

8.1. Транспортна має забезпечувати захист від впливу зовнішнього середовища.

8.2. Упаковка має забезпечувати захист продукту від биття.

8.3. Упаковка має мати інформаційний зміст про продукцію.

8.4. Текст на упаковці має бути чітким та читабельним.

9. Стандартизація та уніфікація.

До приладу повинна бути прикладена експлуатаційна документація відповідно ДСТУ 25565-94.

10. Вимоги до техніки безпеки.

10.1. Вимоги до безпеки конструкції, електробезпеки керування та обслуговування приладу повинні відповідати ДСТ 122007-75 та ДСТУ 123019-80.

10.2. Середній час без відмовлень роботи приладу повинен бути не менше 400 год.

11. Строк зберігання, служби та технічний ресурс.

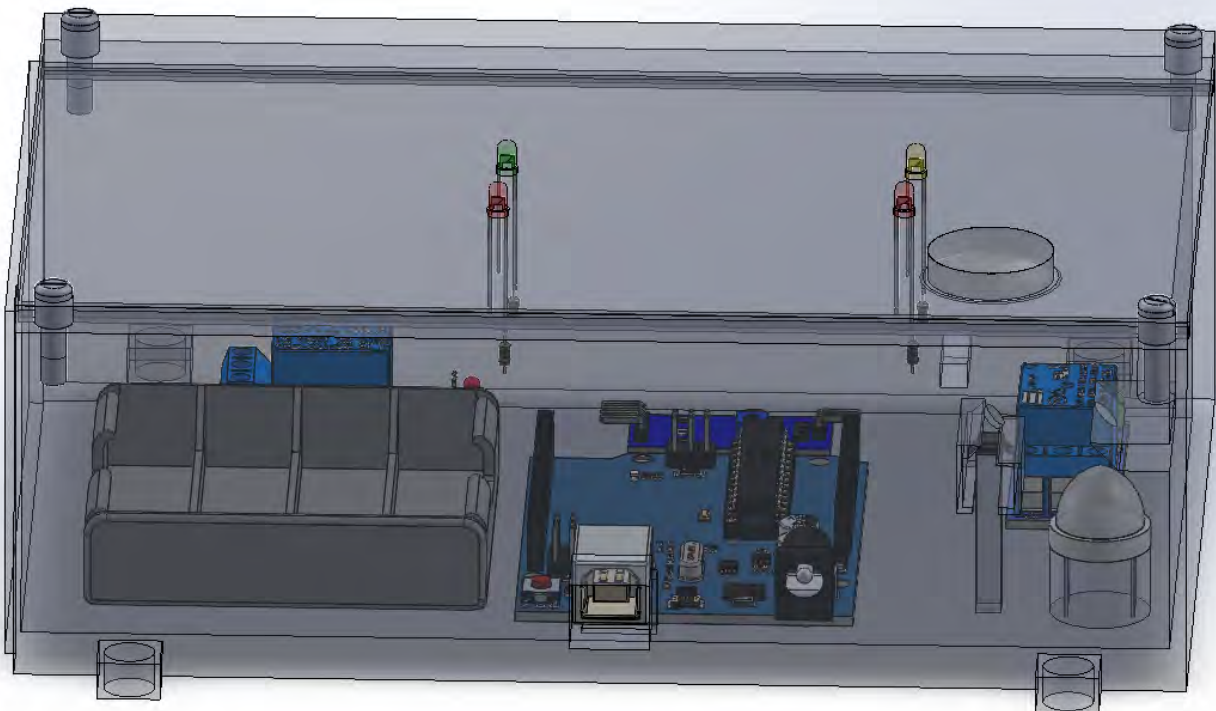
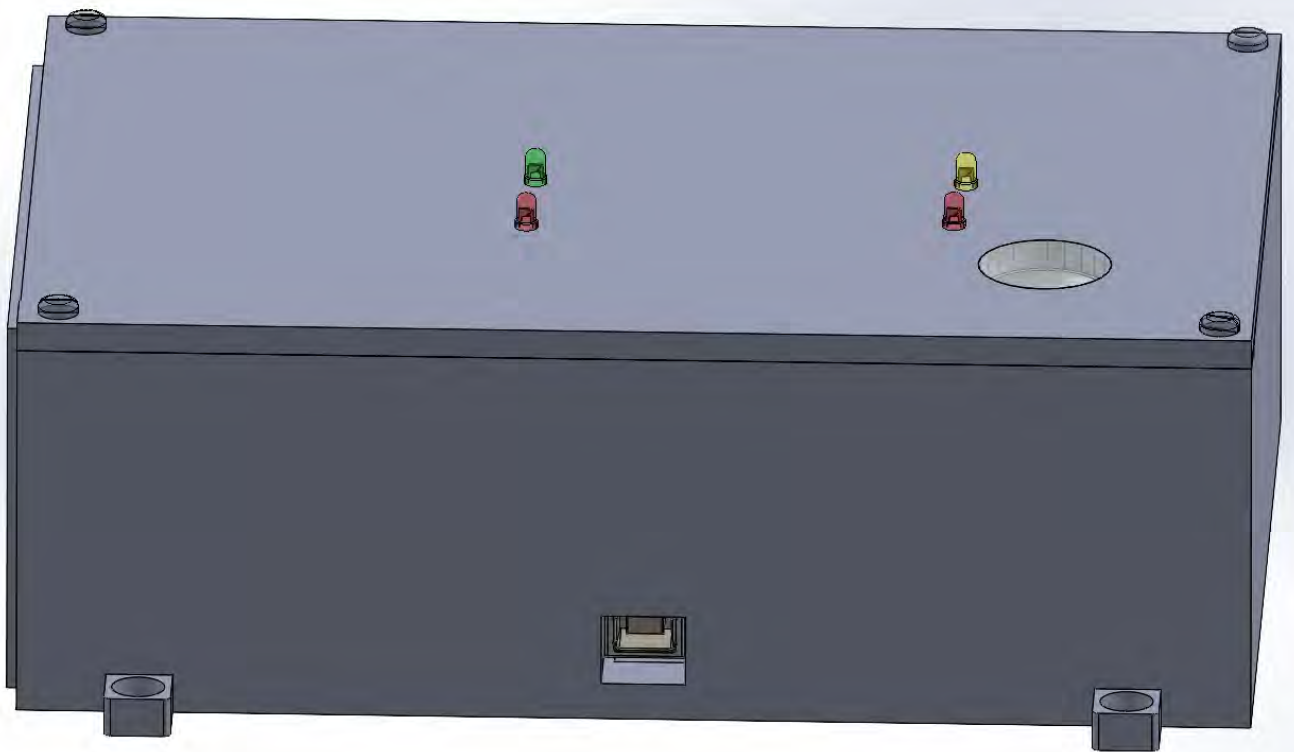
11.1. Прилад повинен витримувати зберігання протягом 1 року.

11.2. Строк служби 3 років.

11.3. Технічний ресурс 500 год.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ПК 0106.00.00.0000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 73 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ДОДАТОК Б
Модель системи

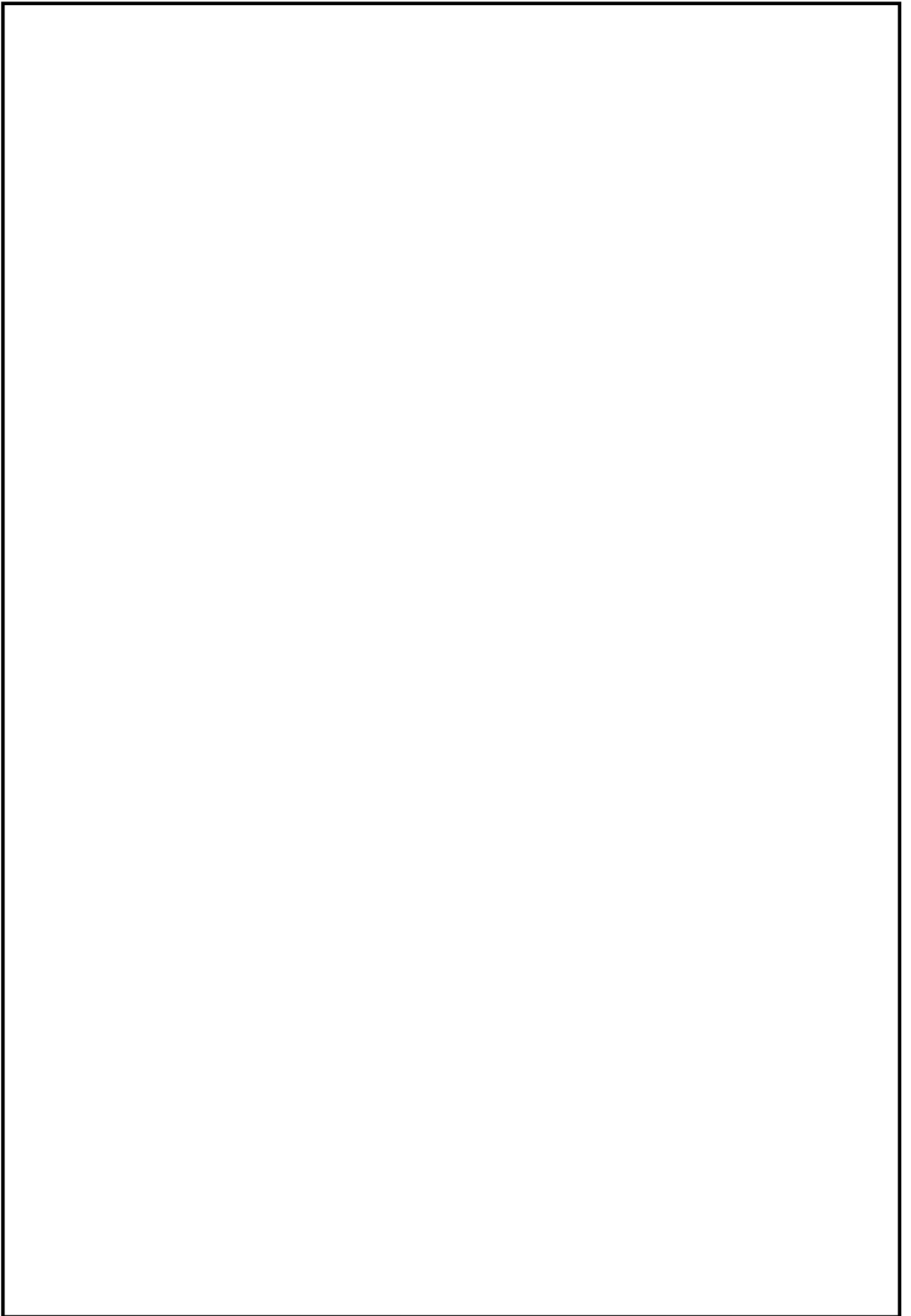


| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |

ПК 0106.00.00.0000 ПЗ

Арк.

74



| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>ПК 0106.00.00.0000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 75 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |