

Заклад вищої освіти „Подільський державний університет”  
Факультет енергетики та інформаційних технологій  
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

## ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

### «РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ В ТЕПЛИЦІ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ДРОНГО» КАМ'ЯНЕЦЬ- ПОДІЛЬСЬКОГО РАЙОНУ»

**Виконав:**

здобувач вищої освіти денної форми навчання  
освітнього ступеня «Магістр», освітньо-професійної  
програми «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»  
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка  
та електромеханіка»

**КОРОЛЬКОВ Олександр Сергійович**

**Керівник** канд. техн. наук, доцент

**ДУМАНСЬКИЙ Олександр Васильович**

**Оцінка захисту:**

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів \_\_\_\_\_ Шкала ECTS \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Допускається до захисту:**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Гарант освітньо-професійної програми  
«Електроенергетика, електротехніка  
та електромеханіка» спеціальності  
141 «Електроенергетика, електротехніка  
та електромеханіка»  
канд. техн. наук, доцент

**Ігор ГАРАСИМЧУК**

м. Кам'янець-Подільський, 2023

## ЗМІСТ

Стор.

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                 | 9  |
| 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ<br>РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ..... | 10 |
| 1.1 Аналіз технічного завдання .....                                       | 10 |
| 1.2 Аналіз методик вирішення завдань та існуючих програмних засобів ....   | 10 |
| 1.3 Постановка задач проектування .....                                    | 27 |
| 1.4 Висновки .....                                                         | 27 |
| 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ І СИНТЕЗ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ...28                  |    |
| 2.1 Цілі, завдання, структура та вибір шляху вирішення проблеми.....       | 28 |
| 2.2 Математичні моделі системи управління температури в теплиці .....      | 28 |
| 2.3 Оцінка результатів моделювання .....                                   | 38 |
| 2.4 Висновки .....                                                         | 48 |
| 3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ.....                                                | 49 |
| 3.1 Алгоритми реалізації моделей .....                                     | 49 |
| 3.2 Вибір засобів реалізації .....                                         | 51 |
| 3.3 Висновки .....                                                         | 63 |
| 4 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА .....                                               | 64 |
| 4.1 Завдання і методи проведення дослідження .....                         | 64 |
| 4.2 Результати дослідження .....                                           | 69 |
| 4.3 Висновки .....                                                         | 77 |
| 5 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНО-ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....                                  | 78 |
| 5.1 Опис програми .....                                                    | 78 |
| 5.2 Керівництво користувача.....                                           | 78 |
| 5.3 Технологія тестування програмного забезпечення.....                    | 82 |
| 5.4 Результати експериментального тестування .....                         | 83 |

|     |                                                  |     |
|-----|--------------------------------------------------|-----|
| 5.5 | Перевірка та калібрування елементів системи..... | 83  |
| 5.6 | Висновки.....                                    | 88  |
| 6.  | ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ.....           | 89  |
| 6.1 | Опис продукту.....                               | 89  |
| 6.2 | Сегментування ринку .....                        | 89  |
| 6.3 | Аналіз конкурентоспроможності .....              | 90  |
| 6.4 | Розрахунок собівартості і ціни .....             | 92  |
| 6.5 | Висновки .....                                   | 98  |
|     | ВИСНОВКИ.....                                    | 99  |
|     | СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                  | 100 |

## **АНОТАЦІЇ**

У дипломній роботі розглянуто завдання розробки і дослідження системи управління кліматичними параметрами теплиці з завданням і контролем їх за допомогою мобільного додатка. Результатом даної роботи є розроблена система автоматичного керування та мобільний додаток до операційної системи Android (який показано, як діюча частина проекту).

## **ANNOTATION**

The thesis examines the task of developing and researching a system for managing the climate parameters of a greenhouse with the task of controlling them using a mobile application. The result of this work is a developed automatic control system and a mobile application for the Android operating system (which is shown as an active part of the project).

## РЕФЕРА

**КОРОЛЬКОВ Олександр Сергійович.** Розробка і дослідження системи дистанційного управління мікрокліматом в теплиці товариства з обмеженою відповідальністю «Дронго» Кам'янець-Подільського району. 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Факультет енергетики та інформаційних технологій. Кафедра електротехніки, електротехніки і електротехнологій – Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2023.

У дипломній роботі проведено аналіз існуючих рішень, відповідно до котрого знайдені рішення або складні в освоєнні, або мають високу вартість, були обрані всі необхідні елементи, для розробки системи, отримані математичні моделі по задаючому і збурюючому впливам, оцінені властивості моделі і були визначені необхідні показники якості, розроблено функціональну схему для системи автоматичного управління, на основі якої була побудована структурна схема, обудовано характеристики для системи автоматичного управління, був створений цифровий коригувальний пристрій, який зможе забезпечувати задані показники якості розроблюваної системи, отримано характеристики моделі скоригованої системи, проведено її експериментальне відпрацювання, і отримані її динамічні характеристики, сформовані алгоритми отримання значень з бази даних, виконання автоматичних завдань та алгоритм роботи системи стабілізації параметрів приміщення, в економічній частині був проведений розрахунок собівартості і ціни плати керуючого обчислювача.

Ключові слова: ТЕПЛИЦЯ, КЛІМАТИЧНІ ПАРАМЕТРИ, МОНІТОРИНГ, КОНТРОЛЬ, МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК

## ВСТУП

З давніх часів люди почали вирощувати рослини. Спочатку це було обумовлено необхідністю добування більшої кількості їжі, проте згодом почало поширюватися вирощування декоративних рослин – квітів.

Для нормального росту рослинам необхідні певні умови: достатнє освітлення, вологість ґрунту, певна температура навколишнього середовища, наявність складових повітря у певній відсотковій кількості (кисень, вуглекислий газ). Все це призводить до необхідності догляду за ними, особливо, якщо це екзотичні рослини, які потребують специфічних умов, не притаманних кліматичній зоні, у якій їх хочуть вирощувати.

У нашому бурхливому житті люди постійно чимось зайняті і часу вкрай не вистачає. Також можливі тривалі від'їзди, відрядження, відпустки. Увесь цей час необхідно забезпечувати правильний полив рослин, стежити, щоб вони отримували необхідну кількість тепла, особливо взимку. Надзвичайно важливо підтримувати необхідну температуру для конкретного виду рослини, адже вона може загинути при занадто низькій або високій температурі. Слід відзначити, що задля підтримання сталої температури необхідно звести стінки довкола рослин, а це створює наступну проблему – відсутність циркуляції повітря та дефіцит або профіцит (в залежності від ситуації) вуглекислого газу. Тож необхідно також забезпечувати рослину повітрям з навколишнього середовища, яке містить необхідну кількість складових у відсотковому відношенні.

**Метою даної дипломної роботи** є вирішення усіх вищезгаданих проблем – створення автоматизованої теплиці, яка буде створювати необхідний мікроклімат для рослин навіть при холодному навколишньому середовищі, при можливості людини спостерігати стан кліматичних параметрів у теплиці, та у разі необхідності корегувати їх.

Основним **завданням** дипломної роботи є розробка розподіленої системи моніторингу кліматичних параметрів.

**Об'єкт дослідження.** Теплиця товариства з обмеженою відповідальністю «Дронго».

**Предмет дослідження.** Система стабілізації параметрів приміщення теплиці з завданням і контролем їх за допомогою WEB-інтерфейсу на мобільному пристрої.

## ВИСНОВКИ

В даній роботі спроектовано та реалізовано програмний продукт – системи стабілізації параметрів приміщення з завданням і контролем їх за допомогою WEB-інтерфейсу на мобільному пристрої. Розробка являє собою мобільний додаток до операційної системи Android, завдяки чому відсутня необхідність у спеціальному обладнанні для використання програмного продукту.

В ході виконання даної роботи було проведено аналіз існуючих рішень, відповідно до котрого знайдені рішення або складні в освоєнні, або мають високу вартість. Були обрані всі необхідні елементи, для розробки системи, отримані математичні моделі по задаючому і збурюючому впливам, оцінені властивості моделі і були визначені необхідні показники якості. Розроблено функціональну схему для системи автоматичного управління, на основі якої була побудована структурна схема. Побудовано характеристики для системи автоматичного управління. Далі був створений цифровий коригувальний пристрій, який зможе забезпечувати задані показники якості розроблюваної системи. Було отримано характеристики моделі скоригованої системи, проведено її експериментальне відпрацювання, і отримані її динамічні характеристики. Після обробки всіх отриманих даних визначили, що розрахований коригуючий пристрій забезпечує наявність всіх необхідних показників якості.

Були сформовані алгоритми отримання значень з бази даних, виконання автоматичних завдань та алгоритм роботи системи стабілізації параметрів приміщення. Був проведений вибір засобів реалізації, а саме датчики, мікроконтролер та виконавчі механізми, спроектован інтерфейс і функціональні модулі. Сформовано керівництво користувача.

В результаті виконання експериментальної частини успішно пройдено тестування програмного забезпечення та зроблено перевірку і калібрування кожного елементу системи.

В економічній частині був проведений розрахунок собівартості і ціни плати керуючого обчислювача.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кулік А.С. Конспект лекцій по курсу «Теорія автоматичного управління» / А.С. Кулік – Харков, ХАІ, 2014 – 2015.
2. Кулик А.С., Джулгаков В.Г., Гавриленко О.И., Дыбская И.Ю., Руденко К.Н.. Проектирование систем автоматического управления с использованием метода полунатурного моделирования. Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк авиац. ин-т», 2007.
3. Заєць Я. Б., Злотенко Б. М. Енергоефективна система керування мікрокліматом у приміщенні. Технології та дизайн. 2017. № 1. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/td\\_2017\\_1\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_1_7) Стаценко Д.В., Злотенко Б.М. Вдосконалення енергоефективної системи керування освітленням і температурою приміщень. Вісник Хмельницького національного університету. - 2017. - №5.
4. Барало О.В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / О.В. Барало, П.Г. Самойленко, С.Є. Гранат, В.О. Ковальов – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
5. Любарець О. П. Проектування Систем водяного опалення: посібник для проектувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ / О. П. Любарець, О. М. Зайцев, В. О. Любарець – Відень - Київ – Сімферополь, 2010. – 200 с.
6. Дзядикевич Ю.В. Енергетичний менеджмент. Підручник / Ю.В. Дзядикевич, Р.Б. Гевко, М.В. Буряк, Р.І. Розум. – Тернопіль: Підручники і посібники. – 2014. – 336 с.
7. Рибак Л.Я. Інтелектуальна інформаційна система “розумний замок” для захисту приміщень / Л. Я. Рибак, П. О. Кравець - Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія : Інформаційні системи та мережі. – 2019. – № 6. – С. 41-51.
8. Система автоматизованої підтримки оптимального мікроклімату виробничого приміщення [Текст] : навч.пос./ О.В. Строкань // // Системи обробки інформації. - 2014. - Вип. 5. - С. 97-100. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi\\_2014\\_5\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2014_5_25).
9. Види мікроклімату і його вплив на здоров'я людини [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [https://pidruchniki.com/81180/bzhd/vidi\\_mikroklimatu\\_vpliv\\_zdorovya\\_lyudini](https://pidruchniki.com/81180/bzhd/vidi_mikroklimatu_vpliv_zdorovya_lyudini)

10. Загальні заходи та засоби нормалізації параметрів мікроклімату [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://oprb.com.ua/news/zagalni-zahody-ta-zasoby-normalizaciyi-param-etriv-mikroklimatu>

11. Липа О.І., Подмазко Н.О., Аль-Сагаф М.А. Аналіз сучасних проблем вологісної обробки повітря в системах комфортного кондиціонування. Збірник наукових праць 3-ї міжнародної науковотехнічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки і технології». — Одеса, 2003, с. 51 — 56.

12. Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry / Дж. Блум. - СПб. : БХВ-Київ, 2016. - 336 с.

13. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

14. Сацик В. О. Апаратне забезпечення автоматизованого регулювання мікроклімату теплиці / В. О. Сацик, Д. П. Карпук // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". – 2019. – Вип. №40. – С. 245-250.

15. Автоматическое регулирование вентиляции и кондиционирования воздуха - Г. В. Архипов. – Москва-Ленинград: Госэнергоиздат, 1961. – 176с., с чертежами.

16. Микроконтроллерные системы: структуры и практическое применение/В.Г. Джулгаков, В.В.Нарожный, К.И. Руденко, А.Н. Таран. – Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк авиац. ин-т», 2003. – 126 с.;

17. Кузьминов, А. Ю. Интерфейс RS232. Связь между компьютером и микроконтроллером [Текст]/А. Ю. Кузьминов. - М.: Радио и связь, 2004. - 168 с.

18. Національний стандарт України. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT) / ДСТУ Б EN 15251:2011. – Київ, 2012. – 71 с

19. Структура експертної системи інтелектуального регулювання мікроклімату житлових приміщень [Текст]: навч.пос./ А. І. Купін, І. О. Музика, Д. І. Кузнєцов. – Запоріжжя, 2017. – 177 с.

20. Інформаційні системи і технології [Текст]: навч.пос./ М.М. Бенько. – Київ, 2010. – 325с.

21. Обігрів теплиці в зимовий період: види та особливості. – Режим доступу <https://plastok.com.ua/obihriv-teplitsi-v-zimovii-period-vidi-ta-osoblivosti>.

22. Економічне обґрунтування впровадження робототехнічних систем у тепличні господарства / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, І. І. Чернов // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2019. – Вип. 174(2). – С. 53-59. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu\\_tech\\_2012\\_174\(2\)](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu_tech_2012_174(2)) 10.

23. Коломієць Т. І. Автоматизована система управління параметрами мікроклімату в теплицях / Т. І. Коломієць // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науковопрактичної Internet-конференції. – Черкаси, 2019. – С. 32-33.

24. Лисенко В. П. Програмно-апаратне забезпечення системи фітомоніторингу в теплиці / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, Т. І. Лендел, І. І. Чернов // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. – 2019. – №2. – С. 65

21. Бабіченко А. К. Промислові засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін. ; за заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХП», 2018. – Ч. 1. Вимірювальні пристрої. – 470 с.

22. 10.Бабіченко А. К. Промислові засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін. ; За заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХП», 2013 р. – Ч. 2. Регулювальні і виконавчі пристрої. – 658 с. : іл. – Бібліогр.: с. 644–645. – 500 пр. – ISBN 966-593-292-6.

23. Спеціалізована БД "Винаходи (корисні моделі) в Україні" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://base.uipv.org/searchINV/>, вільний.

24. Лукінюк М.В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом Зм. Лист № докум. Підп. Дата СУдн-84П.151.02.ПЗ Лист 53 «Автоматизація і комп'ют.- інтегр. технології» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КП», 2019. – 236 с.

25. Бабіченко А. К. Промислові засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін. ; за заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХП», 2018. – Ч. 1. Вимірювальні пристрої. – 470 с.

26. Коломієць Т. І. Автоматизована система управління параметрами мікроклімату в теплицях / Т. І. Коломієць // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науковопрактичної Internet-конференції. – Черкаси, 2019. – С. 32-33.

27. Лисенко В. П. Програмно-апаратне забезпечення системи фітомоніторингу в теплиці / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, Т. І. Лендел, І. І. Чернов // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. – 2019. – №2. – С. 65.

28. Створення мікроелектронних датчиків нового покоління для інтелектуальних систем / Я.І. Лепіх, Ю.О. Гордієнко, С.В. Дзядевичта, А.О. Дружинін, В.О. Романов. – Одеса: Астропринт, 2010 – 289 с.

29. Приліпка О.В. Інноваційний розвиток ефективного функціонування підприємств закритого ґрунту: теорія, методологія, практика. Монографія [Текст] – К.:ПП Р.К. Майстер Принт, 2008 – 336 с.