

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Чорноморський національний університет імені Петра Могили**  
**Факультет комп'ютерних наук**  
**Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій**

**ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ**  
В. о. завідувача кафедри АКІТ,  
кандидат технічних наук, доцент  
\_\_\_\_\_ М. І. Сіделєв  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**  
на тему: «Автоматизація процесу краплинного поливу»

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

151 – КРБ – 471. 21717107

**Студент** \_\_\_\_\_ Митрохін В.О.

**Керівник** \_\_\_\_\_ Сіделєв М.І.

**Консультант** \_\_\_\_\_ Алексєєва А.О.

(дата)

Миколаїв – 2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Чорноморський національний університет ім. Петра Могили**  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення: Комп'ютерних наук  
Кафедра, циклова комісія: Автоматизація та КІТ  
Освітньо-кваліфікаційний рівень: рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Напрямок підготовки 151 «Автоматизація та приладобудування»  
(шифр і назва)

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**В.о.завідувача кафедри, голова циклової комісії**

Сідєлев М. І. \_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

\_\_\_\_\_ Митрохін Володимир Олександрович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ Автоматизація процесу краплинного поливу \_\_\_\_\_

керівник проекту (роботи) канд.техн.наук, доцент Сідєлев Микола Іванович,  
затвержені наказом вищого навчального закладу від “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 16.06. 2023

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ Об'єкт: Методи поливу зрошувальних систем;  
Предмет: Автоматизована система керування процесом краплинного поливу. \_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1.1 Іригація: поняття, принцип роботи та основні види, 1.2. Насичення рослин водою, 1.3. Водопостачання в системі крапельного поливу, 1.4. Дослідження патентів в Україні, 1.5. Завдання до проектування, 2.1 Розробка функціональної схеми, 2.2 Блок-схема алгоритму та його опис, 2.3 Електрична – принципова схема, 2.4 Мова програмування, 2.5 Елементи системи, 2.6 Прототипування/макетування

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

\_\_\_\_\_ Функціональні схеми, електричні принципові схеми, блок-схеми алгоритмів, формули, таблиці, рисунки \_\_\_\_\_

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Сіделєв М.І., доцент кафедри АКІТ	13.10.2022	
2	Сіделєв М.І., доцент кафедри АКІТ	03.01.2023	
3	Алексєєва А.О., доцент кафедри екології	19.04. 2023	

7. Дата видачі завдання «17» жовтня 2022 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Затвердження пропозицій теми від керівника	20.09.2022	
2	Обговорення із студентом затвердженої теми	01.10.2022	
3	Формування завдання	13.10.2022	
4	Визначення актуальності, об'єкту, предмету	01.11.2022	
5	Пошук літератури, патентний пошук, уточнення задач дослідження	15.11.2022	
6	Виконання першої частини	01.12.2022	
7	Аналіз керівником записки першої частини (ЕВ*), формування зауважень та пропозицій	29.12.2022	
8	Опрацювання другої частини	01.03.2023	
9	Робота над третьою частиною	03.04. 2023	
10	Робота над розділом з охорони праці	19.05. 2023	
11	Передзахисти	21.05. 2023	
12	Передача (ДВ) кваліфікаційної роботи	16.06. 2023	

\*ЕВ – електронний варіант, ДВ – друкований варіант.

Студент \_\_\_\_\_  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ ( підпис ) (прізвище та ініціали)

## **АНОТАЦІЯ**

**до кваліфікаційної роботи бакалавра**

**«Автоматизація процесу краплинного поливу»**

**Студент 471 гр.: Митрохін Володимир Олександрович**

**Керівник: кандидат технічних наук, доцент Сідєлев М.І.**

Зростаюча потреба в ефективному та сталому зрошенні в сучасному сільському господарстві зумовила розвиток технологій автоматизації в галузі іригаційних систем. Ця дипломна робота присвячена проектуванню, розробці та оцінці пристрою для автоматизації процесу краплинного зрошення.

Запропонований пристрій спрямований на усунення обмежень традиційних систем зрошення шляхом надання автоматизованого та зручного рішення для оптимізації використання води, підвищення продуктивності сільськогосподарських культур та зменшення ручного втручання. Система включає в себе різні датчики та приводи для моніторингу та управління процесом зрошення, забезпечуючи точну та ефективну доставку води до рослин.

Дослідження починається з широкого огляду існуючої літератури про технології краплинного зрошення та автоматизації, вивчення переваг, проблем та поточних досягнень у цій галузі. На основі цього аналізу формулюється концептуальний дизайн автоматизованого зрошувального пристрою з урахуванням таких факторів, як контроль потоку води, планування та моніторинг.

Етап розробки передбачає інтеграцію датчиків для вимірювання вологості ґрунту, температури та вологості навколишнього середовища, а також виконавчих механізмів для управління потоком і тиском води. Пристрій призначений для роботи в автономному режимі, зі зручним інтерфейсом для програмування та кастомізації відповідно до вимог конкретної культури.

Для оцінки ефективності автоматизованого поливу проводяться експериментальні випробування в контрольованих умовах, наприклад, в

теплицях або на дослідних ділянках. Порівняльні дослідження проводяться для оцінки продуктивності пристрою в порівнянні з традиційними методами зрошення з точки зору використання води, врожайності та ефективності використання ресурсів. Статистичний аналіз використовується для кількісної оцінки переваг автоматизації та підтвердження ефективності пристрою.

Результати експериментальних випробувань демонструють значні покращення, досягнуті завдяки автоматизації, включаючи оптимізацію використання води, підвищення врожайності та зменшення трудовитрат. Отримані дані свідчать про те, що розроблений пристрій є перспективним рішенням для вдосконалення практики зрошення, особливо в регіонах з обмеженими водними ресурсами або обмеженою робочою силою.

Крім того, результати показують, що автоматизований пристрій крапельного зрошення ефективно оптимізував використання води, забезпечуючи точну і цілеспрямовану доставку води рослинам на основі даних датчиків у реальному часі. Такий точний контроль призвів до зменшення втрат води та покращення водозбереження, пом'якшуючи негативний вплив на навколишнє середовище, пов'язаний з надмірним зрошенням.

Експериментальні випробування також продемонстрували підвищення врожайності завдяки автоматизованій системі. Підтримуючи оптимальний рівень вологості ґрунту та забезпечуючи рівномірне водопостачання, пристрій сприяв покращенню росту рослин, підвищенню врожайності та якості врожаю. Автоматизація планування та моніторингу поливу зменшила кількість людських помилок і коливань, що призвело до більш надійних і передбачуваних результатів вирощування сільськогосподарських культур.

Крім того, автоматизований пристрій крапельного зрошення продемонстрував ефективність використання ресурсів за рахунок мінімізації трудовитрат. Автономна робота пристрою в поєднанні з інтуїтивно зрозумілим користувацьким інтерфейсом для програмування та налаштування зменшила потребу в ручному втручанні та моніторингу. Це не тільки заощадило витрати

на робочу силу, але й вивільнило цінний час для фермерів, щоб зосередитися на інших важливих видах сільськогосподарської діяльності.

Дослідження демонструє потенціал автоматизації у покращенні управління водними ресурсами та рослинництва, підкреслюючи важливість практики сталого сільського господарства в епоху зростання екологічних проблем. Майбутні напрямки досліджень включають масштабування пристрою для широкомасштабного застосування та вивчення потенційної інтеграції з іншими технологіями розумного землеробства.

Успіх автоматизованого пристрою крапельного зрошення підкреслює його потенціал як сталого рішення для покращення практики зрошення, особливо в регіонах, що стикаються з дефіцитом води або обмеженістю робочої сили. Оптимізуючи використання води та підвищуючи продуктивність сільськогосподарських культур, пристрій сприяє розвитку сталого сільського господарства та збереженню природних ресурсів.

## **ABSTRACT**

### **of the Bachelor's Thesis**

#### **"Automation of the drip irrigation process"**

**Student of group 471: Mytrokhin Volodymyr Oleksandrovych**

**Supervisor: PhD., Docent Siddelev N.I.**

The growing need for efficient and sustainable irrigation practices in modern agriculture has driven the development of automation technologies in the field of irrigation systems. This thesis focuses on the design, development, and evaluation of a device for automating the drip irrigation process.

The proposed device aims to address the limitations of conventional irrigation systems by providing an automated and user-friendly solution for optimizing water usage, enhancing crop productivity, and reducing manual intervention. The system incorporates various sensors and actuators to monitor and control the irrigation process, ensuring precise and efficient water delivery to plants.

The research begins with an extensive review of existing literature on drip irrigation and automation technologies, exploring the benefits, challenges, and current advancements in the field. Based on this analysis, a conceptual design for the automated irrigation device is formulated, taking into consideration factors such as water flow control, scheduling, and monitoring.

The development phase involves the integration of sensors to measure soil moisture, ambient temperature, and humidity, as well as actuators for controlling water flow and pressure. The device is designed to operate in a standalone manner, with a user-friendly interface for programming and customization based on specific crop requirements.

To evaluate the effectiveness of the automated irrigation device, experimental trials are conducted in controlled environments, such as greenhouses or test plots. Comparative studies are performed to assess the performance of the device against traditional irrigation methods in terms of water usage, crop yield, and resource

efficiency. Statistical analysis is employed to quantify the benefits of automation and validate the device's effectiveness.

The results of the experimental trials demonstrate the significant improvements achieved through automation, including optimized water usage, increased crop productivity, and reduced labor requirements. The findings suggest that the developed device offers a promising solution for enhancing irrigation practices, particularly in regions with limited water resources or labor constraints.

Furthermore, the results indicate that the automated drip irrigation device effectively optimized water usage by providing precise and targeted water delivery to plants based on real-time sensor data. This precise control resulted in a reduction in water wastage and improved water conservation, mitigating the negative environmental impacts associated with excessive irrigation.

The experimental trials also showcased increased crop productivity facilitated by the automated system. By maintaining optimal soil moisture levels and ensuring consistent water supply, the device contributed to improved plant growth, higher crop yields, and enhanced crop quality. The automation of irrigation scheduling and monitoring reduced human errors and variability, leading to more reliable and predictable crop outcomes.

Moreover, the automated drip irrigation device demonstrated resource efficiency by minimizing labor requirements. The device's autonomous operation, combined with its intuitive user interface for programming and customization, reduced the need for manual intervention and monitoring. This not only saved labor costs but also freed up valuable time for farmers to focus on other important farming activities.

The research demonstrates the potential of automation in improving water management and crop production, emphasizing the importance of sustainable agriculture practices in an era of increasing environmental concerns. Future research directions include scaling up the device for large-scale applications and exploring potential integration with other smart farming technologies.



The success of the automated drip irrigation device highlights its potential as a sustainable solution for enhancing irrigation practices, particularly in regions facing water scarcity or labor limitations. By optimizing water usage and improving crop productivity, the device contributes to the promotion of sustainable agriculture and the conservation of natural resources.

**ЗМІСТ**

ВСТУП.....	3
<b>1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРИ ТА ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ СТОСОВНО АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМ ПОЛИВУ .....</b>	<b>6</b>
1.1 Іригація: поняття, принцип роботи та основні види.....	6
1.2. Насичення рослин водою .....	11
1.3. Водопостачання в системі крапельного поливу .....	13
1.4. Дослідження патентів в Україні .....	18
1.5. Завдання до проектування .....	24
Висновки до першого розділу .....	25
<b>2 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КРАПЕЛЬНОГО ПОЛИВУ .....</b>	<b>26</b>
2.1 Розробка функціональної схеми .....	26
2.2 Блок-схема алгоритму та його опис .....	27
2.3 Електрична – принципова схема .....	29
2.4 Мова програмування .....	31
2.5 Елементи системи.....	35
2.6 Прототипування/макетування .....	48
Висновки до другого розділу.....	51
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>53</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>55</b>
<b>ДОДАТОК А .....</b>	<b>56</b>

## ВСТУП

Продовольча та водна безпека є найважливішою проблемою як для розвинутих країн, так і для країн, що розвиваються. Краще управління водними ресурсами є більш ніж терміновим, враховуючи зростаючу потребу в їжі та зростаючу конкуренцію між її користувачами для задоволення їхніх сільськогосподарських, промислових і домашніх потреб. Наприклад, для оптимізації виробництва необхідно підвищити ефективність використання води в сільському господарстві за рахунок збільшення зрошуваних площ. Потрібен кращий розподіл води в просторі та часі. Зрошення споживає більше 80% водних ресурсів у всьому світі, з ефективністю майже 50%.

**Актуальність теми:** У кількох дослідженнях розглядався метод адаптації моніторингу та гібридного контролю, застосований до управління водними ресурсами. Однак, наскільки відомо, у літературі не повідомлялося про жодну систему, присвячену контролю за потоком води та зрошенням із джерел на відстані. Щоб забезпечити рослини водою в точних необхідних кількостях у потрібний час, у цій роботі пропонується підхід до оптимізації управління водними ресурсами за допомогою використання логічного контролера та інтеграції етапу контролю для сільськогосподарських іригаційних систем.

**Мета:** Забезпечення ефективного керування розподіленням води на земельних ділянках.

**Об'єкт:** Методи поливу зрошувальних систем.

**Предмет:** Автоматизована система керування процесом краплинного поливу.

### Задачі:

1. Виконати аналіз технічної літератури та патентної інформації стосовно існуючих систем автоматизації краплинного поливу рослин.
2. Скласти функціональну схему відповідно технічного завдання.
3. Вибрати і описати електронні та електротехнічні засоби для реалізації системи автоматизації

## Автоматизація процесу краплинного поливу

4. Скласти електричну принципову схему проекту.
5. Розробити алгоритм та виконати програмування мікроконтролерної частини АСК.
6. Розробити фізичну модель і продемонструвати роботоздатність АСК.
7. Виконати розрахункову частину з питань охорони праці.

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ**

- АСК – Автоматизована система керування
- ПНТ – Поліетилен низького тиску
- ПВХ – Полівінілхлорид
- ASM – Assembly (укр. Асамблер)
- COM – Common ground (укр. Спільне заземлення)
- GND – Ground (укр. Заземлення)
- IDE – Integrated development environment (укр. Інтегроване середовище розробки)
- I2C – Inter-Integrated Circuit (укр. Міжінтегральна схема)
- LCD – Liquid-crystal display (укр. Рідкокристалічний дисплей)
- RFID – Radio Frequency Identification (укр. Радіочастотна ідентифікація)
- RTC – Real-time clock (укр. Годинник реального часу)
- SCL – Serial Clock (укр. Серійні годинники)
- SDA – Serial Data (укр. Серійна інформація)
- V – Voltage (укр. Напруга)
- VCC – Voltage Common Collector (укр. Напруга спільного колектора)

# 1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРИ ТА ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ СТОСОВНО АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМ ПОЛИВУ

## 1.1 Іригація: поняття, принцип роботи та основні види

Полив рослин для сільськогосподарських культур є визначальним фактором в отриманні гарного врожаю під час всього процесу зрощування рослин (вегетаційного періоду) від посіву насіння та до дозрівання врожаю.

Іригація, також відома як зрошування, є процесом, за допомогою якого рідина (вода) підводиться на посівні поля, щоб забезпечити вологу для кореневої системи рослин і покращити родючість ґрунту. Це один з методів меліорації. Зрошування покращує забезпечення кореневої системи рослин вологою і поживними речовинами, знижує температуру повітря і підвищує його вологість.

Обробка ґрунту на зрошуваних полях передбачає проведення спеціальних заходів, таких як підготовка до поливу, розпушування міжрядь для просапних культур, внесення добрив і гербіцидів разом з поливною водою. Один з основних аспектів механічного обробітку поля полягає у регулюванні водопроникності ґрунту та забезпеченні оптимальної аерації верхнього та підорного шарів. Це важливо, оскільки під час поливу земля стискається, а на поверхні можливо утворення кірки. При тривалому зрошенні може утворюватися затверділий шар в підорному шарі, який потрібно періодично розпушувати за допомогою культивачів, щоб забезпечити його розслаблення.

Властивість обробітку ґрунту на території зрошуваних земель полягає на виконання спеціальних заходів стосовно до підготовки його до поливу, після поливного розпушування міжрядді в посівах просипаних культур, додавання добрив та гербіцидів із поливною водою. Одне з головних завдань механічного обробітку являється регулювання водопроникності ґрунту та облаштування його оптимальної аерації орного й підорного шарів, через те що в момент зрошення земля ущільнюється, а на її поверхні з великою вірогідністю утворитися кірка. За певних умов при багаторічному зрошенні в підорному шарі утворюється

ущільнений прошарок, який через деякий час потрібно розпушувати культивацією.

Активізація мікробіологічної діяльності та поживного режиму рослин є важливими наслідками обробітку ґрунту. За допомогою обробки ґрунту в умовах зрошення створюється плідючий прошарок з оптимальними фізичними, хімічними та біологічними характеристиками. Результати обробітку ґрунту під час зрошення включають спеціальні заходи з підготовки землі до поливу, обробку після поливу, а також поєднання обробітку з поливами та внесенням добрив. Гармонійне поєднання обробітку ґрунту та поливу сприяє ефективній боротьбі з бур'янами, шкідниками та хворобами, значно змінюючи їх складову і вплив на розвиток рослин.

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва залежить від ефективного зрошення, що, в свою чергу, потребує правильного обробітку ґрунту. При проведенні численних поливів, особливо на легких ґрунтах, може відбуватися втрата рухомих форм азоту (нітратів) через їх вимивання з кореневмісного шару ґрунту. Систематичне поливання сільськогосподарських культур призводить до збільшення кількості бур'янів та помітних змін у їх видовому складі. Головна ідея полягає в тому, що належний обробіток ґрунту має важливе значення для успішного зрошення та підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва.

При зрошенні ґрунтів, протягом тривалого часу, виникає їх лужність, що проявляється у змінах структури та складу ґрунту. Гумусовий горизонт стає глибшим, ґрунти стають більш горіхуватими та призмоподібними, а лінія кипіння карбонатів знижується. Під час поливів, особливо інтенсивних, структура ґрунту руйнується, його частинки розпилюються, що призводить до утворення щільної зливої кірки на поверхні ґрунту після кожного циклу зволоження. Зрошувані ґрунти швидше та сильніше ущільнюються і стають більш схильними до заростання бур'янами, тому їх потрібно обробляти частіше та глибше. Головна думка полягає в тому, що тривале зрошення має вплив на

характеристики ґрунту, що вимагає додаткових заходів для збереження його якості та продуктивності.

Найголовніше і поточне планування рельєфу поля. Вирівнювання верхнього шару ґрунту на зрошуваних ділянках потрібне заради рівномірного розподілу рідини по площі. Вирівняність поверхні поля — важливіша умова для рівномірного волого забезпечення орного шару, економічних затрат води.

При розробці зрошуваних територій використовують два види планування: основне (капітальне) та поточне. Основне планування здійснюється під час загального проектування, а підготовка до поливу кожної ділянки вимагає поточного планування. Поточне планування спрощує процес поливу, допомагає розподілити рідину рівномірно по всій поверхні, поліпшує механізацію польових робіт та підвищує продуктивність праці. За своєю суттю, основне планування є інженерним заходом, оскільки його метою є вирівнювання нерівностей рельєфу (впадин, пагорбів і т.д.) для забезпечення рівного покриття поверхні. Це проводиться шляхом застосування складних проектів і використання спеціалізованих машин, таких як скрепери та планувальники. Основне планування виконується один раз і передбачає використання цих машин для створення необхідного рельєфу.

Капітальне планування спрямоване на вирівнювання природних нерівностей рельєфу з метою досягнення рівномірного зволоження поля. Це планування має численні переваги, такі як зменшення витрат поливної води при поверхневих методах поливу, можливість подовження поливних борозен і смуг на 2-3 рази, підвищення продуктивності праці та врожайності сільськогосподарських культур. Під час капітального планування, що проводиться одночасно з нарізуванням постійної розподільчої мережі, горби зрізуються, низини засипаються, а зворотні схили ліквідуються. При плануванні найбільшу увагу приділяють методу поливу, що буде використовуватися для культур. Варто зазначити, що надмірне зрізування ґрунту може призвести до



зменшення товщини найродючішого шару або повного його видалення, що негативно впливає на розвиток і врожайність рослин.

Здійснення пізнього планування має на меті компенсувати родючість ґрунту на полі. В неглибоких зрізах вводять додаткові мінеральні добрива, а в областях, де землю більше зрізали, використовують органічні або органо-мінеральні добрива. Після цього проводять внесення добрив на всю площу і проводять глибоку оранку. Для покращення і компенсації родючості ґрунту також використовують сидерацію та фітомеліорацію. У перший рік рекомендується вирощувати однорічні бобові культури, оскільки після осідання височинної землі в низинах може знадобитись додаткове планування. Наступного року висівають багаторічні трави, які менше реагують на родючість ґрунту та сильніше утримують ґрунт вкультуреному стані. Для запобігання нерівномірності родючості ґрунту, що виникає при глибоких зрізах, перш за все видаляють верхній родючий шар, вирівнюють оголений підорний шар, а потім знову наносять родючий ґрунт на вирівняну площу. При створенні рисових чеків цей підхід часто використовується.

З часом, рельєф, створений під час капітального планування, починає псуватись, особливо на рисових чеках. За для запобігання цьому, проводять процес відновлення або ремонтного планування. Зазвичай це робиться лише один раз протягом ротації сівозміни на агроеліоративному полі. Щоб уникнути ущільнення ґрунту, необхідно щорічно регулювати глибину обробітку ґрунту та забезпечувати оптимальну вологість поливами.

В даний момент для овочевих і інших рослинних культур застосовуються, частіше за все, три наступних способи поливу.

– Дощування, при якому розбризкується вода у вигляді крапель над поверхнею ґрунту та рослин. Являється найпоширенішим видом поливу, завдяки простоті способу та доступності в створенні. Однак при такому зрошенні вода неекономно витрачається у великій кількості, та як правило, витрачається даремно.

## Автоматизація процесу краплинного поливу

– Всередині-грунтовий полив, при якому вода поступає безпосередньо до коріння рослин по трубах в ґрунті. Досить ефективний спосіб по витраті води і добрив. Але він коштовний, вимагає значних витрат при експлуатації, тому майже не використовується на приватних садових ділянках.

– Крапельний полив, при якому до рослин за допомогою спеціальних крапельних стрічок або трубок підводиться вода. Відрізняється високою ефективністю у використанні зрошувальної вологи та рідких добрив, що надає змоги не тільки знизити витрату води в 3-5 разів в порівнянні з дощуванням, а й істотно підвищити врожайність.

Найбільш близьким прототипом є крапельний полив, при якому вода підводиться до рослин, причому вода подається практично безпосередньо в прикореневу зону рослин з досить малими швидкостями.

Існує два основних види систем крапельного поливу, що використовують для підведення вологи до рослин еластичні трубки і крапельниці, або спеціальні крапельні стрічки з водо-випусками.

Системи на крапельній стрічці-між рядами рослин прокладається гнучкий шланг (стрічка) особливої конструкції, в якій є вбудовані або вмонтовані водовипуски з фіксованою витратою вологи. Найчастіше використовується стрічка з щільною або емітерною внутрішньою конструкцією водовипусків. Перша має вбудований лабіринтовий канал, що уповільнює швидкість подачі води і нормує її витрату, здійснюваний через прорізані в стінках стрічки випускні отвори. Емітерна ж стрічка виготовляється з вбудованими з заданим кроком крапельницями. Як правило, швидкість витрати води становить від 2 до 8 л за годину. Відстань між емітерами в стрічці варіюється від 10 до 50 см. Більшість систем на крапельній стрічці розраховані на підключення до водопроводу з номінальним тиском від 0,8 бар.

## 1.2. Насичення рослин водою

Значення води для рослин виходить за рамки простого підтримання їхнього життя. Вода крім того необхідний елемент для цвітіння рослин. Вода дає можливість рослинам поглинати життєво важливі поживні речовини з ґрунту. Вода також допомагає пересувати цукор та інші елементи, які можуть бути потрібні квітам, фруктам та усім іншим видам рослин. Вода потрібна рослині, щоб вона могла тримати вертикальну форму. Без належної кількості води рослина в стані поникнути. Є вірогідність, що вона не витримає власної ваги. Вода для рослин має вирішальне значення.

Різні види рослин потребують різної кількості води. Чисельність води, яку дають рослинам, так само може вплинути на здоров'я рослин.

Зайвий полив є поширеною проблемою в багатьох садівників. Надавання надміру великої кількості води в землю здатне призвести до загнивання коренів. Вода, яка залишається на листі рослини, так само здатне спричинити появу плісняви. Коли земля надто волога біля основи рослин, коріння матиме ускладнення у поглинанні кисню, необхідного для виживання.

І навпаки, надміру недостатня кількість води зробить неможливим поглинання рослинами необхідних їм поживних речовин. Коріння в стані стати крихким і пошкодженим. Настане мить, коли недостача води підштовхне рослину до неможливості відновлення.

Відношення накопичення біомаси на одиницю споживання води сьогодні відоме як ефективність використання води і має широке значення для сільського господарства, лісової екології та в контексті глобальної зміни клімату. Це співвідношення можна визначити на різних рівнях, від фізіологічного функціонування листка до цілої рослини та на рівні екосистеми. Огляд починається з рівня цілої рослини, можна просто виміряти шляхом кількісної оцінки кількості води, що надається рослині, і збільшення біомаси рослини під час експерименту. Відношення виробленої біомаси до кумулятивної кількості води, втраченої під час росту, називається ефективністю транспірації всієї

рослини (вироблена біомаса/втрачена вода). Також, це співвідношення розраховували в оберненій формі (втрачена вода/вироблена біомаса) і використовували різні терміни для позначення цих співвідношень. З розвитком знань, концепцій і технологій стало бажаним вимірювати ТЕ також на рівні листків, де він визначається як відношення чистої швидкості асиміляції CO<sub>2</sub> до транспірації (або до продигової провідності для водяної пари).

Як визначити правильну кількість води для поливу? Визначити рослину, клімат, ґрунт і рельєф місцевості. Всі ці фактори впливають на те, скільки води потрібно рослинам.

Основним критерієм нормування кількості води є різновид ґрунту. При цьому показнику приймають від 1,6 л/год до 2,4 л/год в піщаному ґрунті. В глинистому ґрунті – від 0,75 л/год до 1,35 л/год. Максимальним значенням споживання води на щоденній основі, вважається від 50 до 110 м куб/га.

Отже, обчислення пропускної спроможності враховуючи площу наступні:

$$Q = \frac{S}{T} \quad (1)$$

де позначено

Q – розрахована здатність установки в м<sup>3</sup>/Год;

S – зрошувальна площа ділянки у га;

T – запланований час постійної роботи системи за день.

За для проведення розрахунку краплинного зрошення на 1 га необхідно обчислити кількість стрічок поливу. На початку розрахунку потрібно врахувати всі зрошувані культури. Для кожної групи рослин потрібен окремий розрахунок довжини стрічки за наступною формулою:

$$L = \frac{S_k \times S}{1} \quad (2)$$

де позначено

L – необхідність в поливній стрічці в м;

S<sub>k</sub> – площа, яку займає культура, м<sup>2</sup>;

$S$  – зрошувальна площа ділянки у га;

$l$  – відстань між зрошувальними стрічками.

Середня відстань між зрошувальними стрічками з урахуванням від обліку виду культур зображена на таблиці 1.1

Таблиця 1.1 Середня відстань між зрошувальними стрічками з урахуванням від обліку виду культур

Відстань, см	Вид культур
70	зелень, морква і капуста, всі сорти кукурудзи, часник
75	всі сорти цибулі, пекінська капуста і морква, картопля
90	перець чилі, кольорова капуста, деякі сорти картоплі, броколі
140	солodka кукурудза, болгарський перець та помідори
150	патисони, помідор, всі сорти гарбузів та кавунів
320	огірки, баклажани, кабачки

Для проведення розрахунку краплинного зрошення нам необхідно розрахувати кількість крапельниць. Кількість отворів у трубопроводі визначається співвідношенням:

$$K = \frac{L}{N} \quad (3)$$

де позначено

$K$  – необхідна кількість крапельниць (емітерів) у стрічці;

$L$  – потреба в зрошувальній стрічці в м;

$N$  – відстань між крапельницями (емітерами) біля крапельної стрічки.

### 1.3. Водопостачання в системі крапельного поливу

В автоматичних системах крапельного зрошення труби використовуються для точної та ефективної доставки води до рослин.

Основним елементом у системі поливу є магістральні труби. Завдяки їх допомозі вода надходить до крапельних стрічок та трубок. Рівномірність поливу,

яке відбувається на ділянках чи цілого поля залежить надміру від діаметра магістралі. Зазвичай, для краплинного зрошення використовується пристрій низьконапірної системи. При діаметрі труб недостатньо великих, є вірогідність збільшення тиску у зрошувальній системі. Знадобиться прокачувати воду через труби, щоб стабілізувати процес.

Основні властивості і характеристики магістральних труб для крапельного поливу, водопостачання в системі:

- Легкість, ваги менша в 5 разів аніж у металевих конструкцій.
- Низька вартість, ціна гумового рукава більша на 30-40%, при вираховуванні тих самих параметрів.
- Стійкість до корозії, яка здатна спричинити зміну в хімічному складі добрив.
- Велика пропускна здатність, відсутність формування наростів у внутрішньому діаметрі.
- Екологічність, витримка до бактерій, гниття.
- Простота у переробці та утилізації.
- Не трудомісткий ремонт.
- Міцність, матеріал не піддається атакам гризунів.

В магістралі для системи застосовуються поліетиленові труби ПЕ із стандартними діаметрами: 16 мм, 25 мм, 32 мм, 40 мм, 50 мм, 63 мм, 75 мм, 90 та 110 мм.

Діаметр труб вибирається залежно від затрат рідини. Чим більше витрачається води, то більшого розміру необхідно обрати діаметр. Тиск рідини знижується під дією сил тертя із стінкою труби. Особливо коли довжина труби дорівнює чи перевищує 50 метрів. Витрати можуть стати значними – понад 15-20%. І у цьому разі підбирається інший діаметр магістралі, більший.

Для зменшення витрат на вибір най ефективнішого віранту не перевищували 10%, необхідно потурбуватися про коректному варіанті. Норма поширюється на всі труби, незалежно від виготовленого матеріалу.

## Автоматизація процесу краплинного поливу

Таблиця 1.2 має розрахунки на загальну довжину труб до 100 м. Завдяки їй допомозі легко обрати необхідний діаметр труби магістралі, враховуючи, кількість рідини яку вона витрачає.

Таблиця 1.2 – Залежність діаметра магістралі ПНТ на витрати рідини (для труб довжиною до 100 м)

Витрати рідини, м <sup>3</sup> /год	Діаметр труби (зовнішній) ПНТ, мм
< 1,8	25
1,8-3,5	32
3,5-5	40
5-10	50
10-20	63

З таблиці можливо побачити, що магістральні труби для краплинного поливу Ø 32 мм мають середні витрати. В результаті, вони найліпше підходять для забезпечення водою приватної території.

Маркування також включає розміри зовнішнього діаметра магістралі. З відомого значення можна відняти товщину стінки, помножену на два. В результаті математичних обчислень отримуємо розмір внутрішнього діаметра. Це значення надає змоги визначити розміри втрат під час тертя.

Також, на заміну магістральних труб використовують безшовний шланг, рукав із довговічного матеріалу. Їх широко використовують в системах водопостачання для краплинного поливу. Він особливо використовується у великих просторах, засаджених різною рослинністю. Підключається цей еластичний шланг, як труба, до ємкості із водою або до іншого джерела. Робиться це із допомогою фітингів SL-002-1/2L чи мінікранів SL-011-12.

Види гнучкого шлангу:

– ПНТ (поліетилен низького тиску) має чорне забарвлення. Легкі та гладкі антикорозійні труби. Не завдають шкоди навколишньому середовищі і природі.

– ПВХ (полівінілхлорид) має сине забарвлення. Підходять для організування систем із збірних та розбірних конструкцій через простий та швидкий монтаж.

Безшовний шланг, виготовлений з плетеного поліестерового каркасу. ПНТ має у складі виробу полівінілхлорид із добавками. Полівінілхлорид надає гладкості стін. В результаті дозволяє застосовувати конструкцію достатньо тривалий час. ПВХ в своєму складі має арматуру із синтетичної нитки. Використовується як магістральна труба в системі крапельного поливу. І створен для перекачування рідин з однієї ємності до іншої. Характеристика безшовного шлангу відображена на таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Характеристика безшовного шлангу

<b>Безшовний шланг</b>	
Характеристики	
Температура роботи	від -20 до +80°C
Діаметр	50, 75, 100, 150 мм
Тиск	від 4 до 9 бар (атмосфер)

Універсальний та гнучкий рукав створений для безперервної подачі води та рідин. Під потужним тиском від 6 до 8 бар (атмосфер) та без жодного напору, його матеріал не піддається деформації. Ще на шлангу не утворюються тріщини. При створенні та будівлі системи зрошення монтаж проходить оперативно та легко. У цьому ж швидкому дусі споруда збирається у бухти. Здатна до компактного зберігання. Конструювання такого виробу вигідно його виділяє між конструкціями із полівінілхлориду.

Однією з проблем, що виникає в системах крапельного зрошення, є звуження труб, яке не рідко вплинуло на потік води і, в кінцевому підсумку, на ефективність системи зрошення (табл. 1.4).



Таблиця 1.4 – Залежність діаметра магістралі безшовного шлангу на витрати рідини (для рукавів довжиною до 100 м)

Витрати рідини, м <sup>3</sup> /год	Діаметр безшовного шлангу, мм
5-10	50
25-30	76
60-65	102
85-89	125
115-125	150
185-195	200

Іноді звуження труб відбувається через зміни температури і тиску в системі. Коли вода протікає по трубах, вона може нагріватися або охолоджуватися в залежності від температури навколишнього середовища. Це в стані спричинити розширення або звуження труб, що зазвичай призводить до протікання або зменшення потоку води.

Щоб запобігти звуженню труб, важливо вибрати відповідні матеріали та розміри труб для зрошувальної системи. Крім того, регулятори тиску і компенсатори можуть використовуватися для управління змінами тиску і температури в системі.

Регулярне технічне обслуговування та огляд зрошувальної системи також в стані допомогти виявити та вирішити будь-які проблеми, пов'язані зі звуженням труб. Це може включати перевірку на наявність витоків, налаштування регуляторів тиску та заміну пошкоджених або зношених компонентів за потреби.

Загалом, звуження труб є важливим фактором при проектуванні та експлуатації систем автоматичного крапельного поливу. Вибираючи відповідні матеріали та компоненти, а також здійснюючи регулярне технічне обслуговування та перевірку, можна запобігти цій проблемі, впоратися з нею та забезпечити оптимальну роботу системи зрошення.

#### 1.4. Дослідження патентів в Україні

Для покращення функцій пристрою, кращого розуміння тематики, та зведення зайвих дій, як в розробці так й витрат до мінімуму, виділимо трохи часу на пошук існуючих конкурентних моделей нашої розробки.

На даний час, на офіційному сайті патенту в Україні «ukrpatent.org» (Спеціальна інформаційна система Укрпатенту) в наявності є аналоги моєї розробці. Не дивлячись на це, задля чесного оцінювання, зробимо глобальний пошук в інтернеті для знайдення більшої кількості аналогів.

Мною були знайдені наступні приклади реалізації «крапельного поливу»:

На сайті патенту в Україні «ukrpatent.org» знаходиться патент під номером 138031, схожий по задумці на ідею курсової. Має назву «Автономна система крапельного поливу», з наступним змістом реферату:

«Автономна система крапельного поливу містить шланг, отвір-горловину і заглушку. Гофрований спіральний шланг виготовлений з еластичного ПВХ та армований жорстким спіральним прутком з ПВХ і виконує функцію резервуара для води. З одного боку шланга розташована заглушка, а з іншого боку - розміщений перехідник, який з'єднує шланг з мотузкою зі штучного волокна

Автономна система крапельного поливу працює наступним чином. Воду механічним шляхом заливають через отвір-горловину до шланга, який також слугує резервуаром для води, та закривають його заглушкою. Самоплинним шляхом вода поступово змочує мотузку зі штучного 30 волокна (наприклад, поліпропілену, капрону тощо) та надходить до ґрунту та кореневої системи рослини. Система поливу розміщується у верхній частині контейнера для рослин або в посадковій лунці таким чином, щоб мотузка розташовувалася поряд з кореневою системою рослини. Запропоноване рішення є простим і економним при виготовленні та використанні.». До даного патенту належить рисунок 1.4, на якому зображено саму корисну модель.

## Автоматизація процесу краплинного поливу

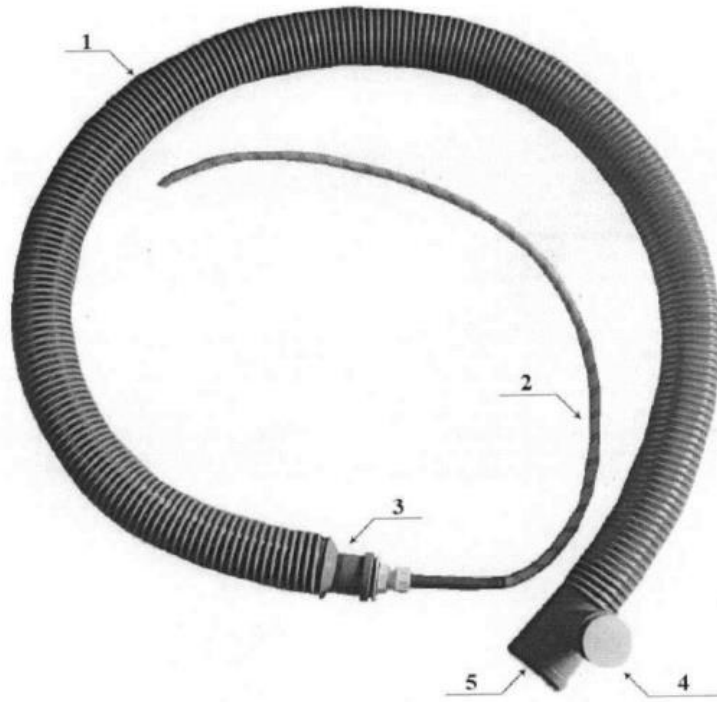


Рисунок 1.1 – Корисна модель з «ukrpatent.org». Позначення: 1 – гофрований спіральний шланг; 2 – мотузка зі штучного волокна; 3 – перехідник; 4 – отвір горловина; 5 – заглушка.

Недоліком даної моделі, є її невеликий розмір, що приводить до малого спектру використання. Також, відсутнє автоматичне подавання з відсутністю оператора, людина повинна взаємодіяти з винаходом для подачі води та самостійно контролювати цей процес.

До плюсів, можу віднести відсутність техніки в даній роботі, що дає перевагу в місці з проблемним постачанням електроенергії, чи в парниках з великою кількістю вологи. Також, даний патент має можливість доповнити вже існуючу систему крапельного поливу через свою простоту винаходу.

Для більш ліпшого розуміння знайдених робіт, я буду надавати їх з перекладом з мови оригіналу на українську. Але хочу звернути увагу, на те, що це повинно вважатись цитуванням праці інших винахідників.

На сайті патенту «patents.google.com» знаходиться патент під номером US20160202679A1, схожий по задумці на ідею курсової. Має назву «Automated

irrigation control system» або «Автоматизована система управління поливом», з наступним змістом реферату:

«Автоматизована система управління зрошенням, що містить датчик врожаю, фізично прикріплений до культури, та світлочутливий датчик, що має фотодетектор для контролю інтенсивності освітлення культури, зрошувальний трубопровід, що простягається вздовж прольоту зони зрошення та пристосований для транспортування рідини, з одним або більше керованими клапанами та датчиками, датчики росту, розміщені у безпосередній близькості до датчиків врожаю, комп'ютерну систему управління, контролер зрошення та канал зв'язку між комп'ютерною системою управління, одним або більше датчиками врожаю, трьома або більше датчиками росту, та контролером зрошення. Модель системи можна побачити на рисунку 1.2.

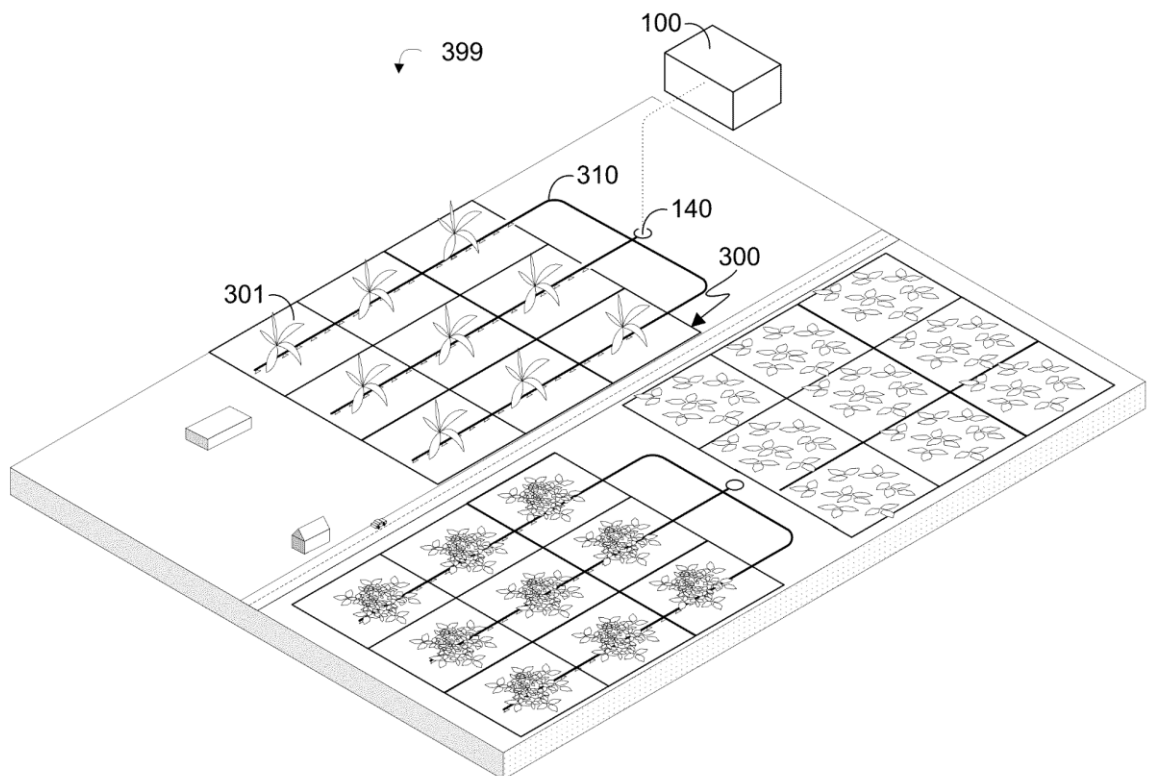


Рисунок 1.2 – Корисна модель з «patents.google.com»

Даний винахід відноситься в цілому до способу і систем для автоматичного управління переривчастим потоком води, і більш конкретно до автоматичного управління потоком стосовно до зрошувальних систем.

У сфері зрошення сільськогосподарських культур існує природна потреба в автоматизованих програмних засобах і додатках, які можуть допомогти власнику в експлуатації ділянки, належному зрошенні ділянки для належної доставки поживних речовин або пестицидів рослинам, а також точному зборі даних про врожай. Наприклад, може бути бажано мати доступ до автоматизованої інтерактивної системи, яка може бути використана для оптимізації або оновлення графіка зрошення в режимі реального часу на основі даних, зібраних з культури, метеорологічних умов, стану ґрунту та типу культур, що зрошуються. Така автоматизована інтерактивна система може запобігти входженню рослин у стресовий стан, регулюючи зрошення у відповідь на фізіологічні умови рослин.

Зрошувальні системи подають воду в ґрунт. Вони в першу чергу використовуються для допомоги у вирощуванні сільськогосподарських культур і підтримці ландшафтів. Зрошувальні системи зазвичай включають клапани, контролери, труби та випромінювачі, такі як спринклери або краплинні стрічки. Зрошувальні системи зазвичай поділяються на зони на основі просторової роздільної здатності системи виявлення, і зрошення виконується в цій зоні на основі відбиття від усіх культурних рослин в межах цієї зони. Кожна зона може мати електромагнітний клапан, керований через контролер зрошення, який відкриває або закриває зони зрошення. Контролер зрошення може бути механічним або електричним пристроєм, що сигналізує зоні про початок поливу ділянки культури протягом певного періоду часу або до тих пір, поки він не буде вимкнений вручну. Бажано, щоб кількість контрольних точок в системі була індивідуально адресованою, проте всі точки, які виконують одну і ту ж команду, можуть бути з'єднані з метою скорочення зв'язку по каналах живлення/сигналізації та оптимізації вартості технології.

Відгалуження в кожній зоні живляться від магістральної лінії або загальної живильної труби. В існуючих системах контролери, як правило, підключені до електромагнітних клапанів, а енергія/енергія для їх приведення в дію забезпечується через дротове з'єднання. Вода може подаватися в магістральну лінію зі свердловини або з міського водопроводу.

Більш досконалі зрошувальні системи можуть використовувати інтелектуальні контролери. "Розумний контролер" - це, як правило, контролер, який здатний самостійно регулювати час поливу у відповідь на поточні умови навколишнього середовища. Інтелектуальні контролери визначають поточні умови, використовуючи дані датчиків в реальному часі, історичні та прогнозовані погодні дані для місцевості, датчики вологості ґрунту (водний потенціал або вміст води), розмір навісу та зеленість листя, метеостанції або їх комбінацію.

Метеорологічні інтелектуальні контролери можуть надати одновимірну відповідь на проблеми, з якими стикаються зрошувальні системи. Хоча вони можуть коригувати графік зрошення відповідно до погодних змін і здійснювати зрошення на основі потреб поля та/або ландшафту, вони не можуть враховувати інші змінні на полі, такі як здоров'я культур або цикли росту. Інтелектуальний контролер може автоматично зменшувати час або частоту поливу, коли погода стає прохолоднішою, визначаючи, що потрібно менше води, але він не враховує індивідуальні потреби рослин.

Варіанти реалізації даного винаходу розкривають систему і спосіб для автоматизованого управління зрошенням і зв'язку між центральним комп'ютером і декількома вузлами управління, які розподілені по площі зрошення і можуть бути активовані з розподіленої шлюзової системи або з центрального комп'ютера.

Система, що складається з датчика врожаю, фізично прикріпленого до врожаю, і світлочутливого датчика, що має фотодетектор для моніторингу відображення врожаю як індикатора зеленого кольору навісу або температури

врожаю. Зрошувальна система включає зрошувальний трубопровід, що простягається вздовж прольоту зони зрошення і пристосований для транспортування рідини, з одним або декількома керованими клапанами і датчиками.

Система включає в себе датчики з підтримкою RFID, розміщені в безпосередній близькості від датчиків сільськогосподарських культур, і комп'ютерну систему управління. Зрошувальний трубопровід може бути з'єднаний з контролером зрошення і активує один або більше керованих клапанів, а також отримує дані від датчиків, з'єднаних з контролером зрошення. Зрошувальна система може доставляти, на основі даних датчиків, воду, добрива чи пестициди на певну ділянку системи для диференційованого управління аж до рівня однієї рослини.

Система дозволяє ефективно управляти посівами з урахуванням місцевих умов. Система також включає в себе канал зв'язку між комп'ютерною системою управління, одним або декількома датчиками врожаю, трьома або декількома датчиками росту та контролером зрошення.»

Недоліком даної моделі, є її великий обсяг, що призводить до проблематичного встановлення, система буде використовувати комп'ютер, що повинен знаходитись на невеликому віддаленні від системи. Використання електромагнітних клапанів призводить до потреби в тиску, в середньому від 3 бар (атмосфер). Також, до недоліків можна віднести коштовність використаних матеріалів.

До плюсів, можу віднести можливість збору інформації через датчики і сенсори, гнучкість системи в різних середовищах. Також, в майбутньому, подібну систему можливо перетворити на повністю автономну через безпосереднє підключення до комп'ютера, та з можливістю редагування коду системи.

## 1.5. Завдання до проектування

Для даної дипломної роботи, поставлена нами задача є створенні фізичної моделі автоматичного подавача води, а саме пристрій який буде забезпечувати авторизоване та автоматичне поливання обраної території.

Мета пристрою зобов'язує поліпшити або навіть зменшити до відсутності працю людини під час поливу рослин. Створити середовище для автоматизації процесу крапельного поливу.

Для роботи з подібним пристроєм, потрібно підібрати доступні матеріали. В даній роботі будуть використанні вже зроблені до нас двигун, контролер, плата з мікропроцесором, а також інші модулі. Використовуватимуться вони заради спрощення процесу виготовлення моделі, для компактності самої системи та простоти у створенні програмного забезпечення.

Потрібно створити систему інтуїтивною та комфортною в експлуатації, завдяки чому використання даного пристрою буде можливим для фахівців аграрного діла, підприємців, і для людей, які тільки знайомляться з садівництвом.

Також пристрій повинен мати вихід до мережі живлення, оскільки ми використовуємо електричні схеми, для роботи яких буде потрібне електроживлення. До моди входить використання блоків живлення, що ми можемо дозволити в нашій роботі для поліпшення використання пристрою, зменшення зносу, та впевненості в праці пристрою при екстремому замиканні електромережі. Складність виникає в виборі блоку живлення з подібною системою екстремого живлення, моніторингу живлення і способу автоматичного ввімкнення резервного електропостачання. Двигун разом з контролером будуть використовувати живлення в 12V, коли сам мікроконтролер буде використовувати 5V. Отже можемо зробити висновок, що використовувати батарейки є недоречним, через занадто малу кількість зберігаємої енергії та складності реалізації, вигідніше використовувати безперебійник на вході до



системи електромережі для безпечної функціональності під час раптового вимкнення світла.

### **Висновки до першого розділу**

1. За аналізом технічної та комерційної літератури можна зробити висновок, що в основному системи іригації та поливу розроблені на живе втручання оператора під час поливу, чи мають велику вартість обладнання. Звісно, що можна створити подібне регулювання і контроль автономними засобами без участі дистанційного оператора, але неможливо урахувати всі нестандартні ситуації, що можуть виникати. У цьому випадку важливо мати можливість візуального контролю над системою.

2. В основу розробленої автоматизованої системи іригації поставлено задачу вдосконалення системи і мінімізація кількості обладнання і зменшення затрат.

3. Розглянуто аналоги систем орошення та іригації. Всі розглянуті системи мають певні недоліки: орієнтованість на конкретні цілі, громіздкість та високу вартість обладнання.

Завдяки великому обсягу вивченої інформації, проаналізованої в ході виконання вибраної курсової роботи, прототип повинен показати великі сподівання на розвиток нашої моделі, та поширення ідеї використання її в масах, заради вдосконалення комфорту користувачів.

## 2 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КРАПЕЛЬНОГО ПОЛИВУ

### 2.1 Розробка функціональної схеми

Після вивчення літератури та погляду на патентну інформацію, був проведено аналіз послідовності дії системи. Для кращого опису функціональних частинах виробу, мною використано функціональну схему, яка зображена на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Функціональна схема системи поливу

Оператор повинен увімкнути мікропроцесор Ардуіно, який автоматично в зазначений час активує драйвер завдяки заданому коду. Або, завдяки команді введеної через кнопки, буде можливо подати сигнал на драйвер, який активує двигун. Двигун в свою чергу з'єднується з краном, який контролює постачання води до території ділянки що орошається. Для моніторингу за станом системи, встановлено екран який відображає актуальну інформацію.

Водопостачання відбувається від місцевої системи. Відсутність води в час поливу може стати великою проблемою. Заради незалежності від місцевого

постачання води, ми допустимо використання бака з місткістю в 3 куби. Бак під'єднано з почату водної системи, завдяки цьому він буде виконувати функції «буферу», та резервуару для постійного постачання води, та фільтру від перепаду тиску в системі. За для регулювання кількості води в баку, використовується система «груша».

Електроживлення відбувається від місцевої системи енергопостачання. Живлення мікроконтролера йде від 5 вольт, такий самий вольтаж використовується для керування контролера. В той час як контролер живляться від 12 вольт та підживлює двигун. Для постійного живлення, на випадок вимкнення світла, використовується безперебійник, що виконує функцію як резервного постачання живлення, так фільтру від перепадів у електромережі.

## **2.2 Блок-схема алгоритму та його опис**

Для опису послідовності процедури використання був створений детальний опис кроків у вигляді блок-схеми алгоритму (рис. 2.2).

Блок-схема алгоритму складається з:

- Початок
- Подача живлення
- Ініціалізації мікропроцесору
- Отримання даних від модулів
- Вивід даних на екран
- Перевірка часу
- Обробка команди
- Активація плати контролеру (драйвера)
- Подання живлення на двигун
- Перехід до положення кінцевика
- Змінення положення крану
- Ввімкнення/вимкнення постачання води

## Автоматизація процесу краплинного поливу

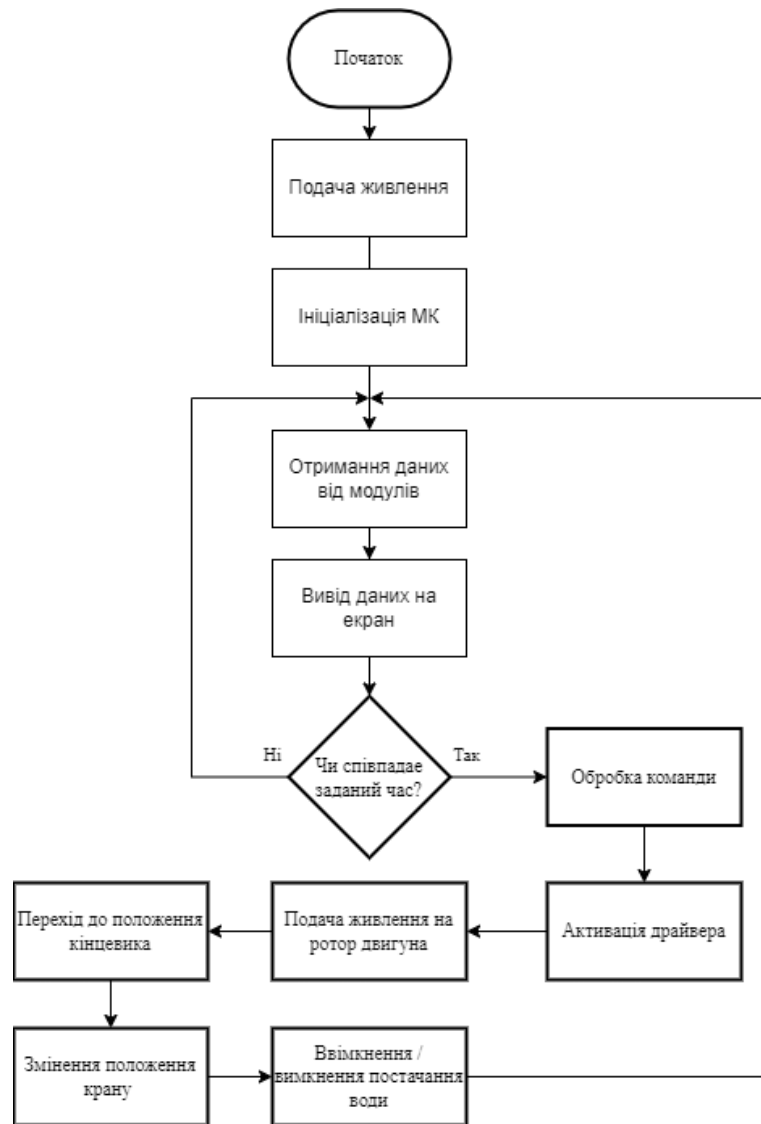


Рисунок 2.2 – Блок-схема алгоритму

У першій стадії, з початку, перед запуском системи, ми зобов'язані виконати певні підготовчі дії. Перш за все, необхідно перевірити статус кожного елемента, їх якість приєднання та забезпечити належну ізоляцію. Безпека системи під час її експлуатації є одним з ключових аспектів, якому також потрібно приділити належну увагу.

Після того, як ми переконалися у безпечному стані системи, настає час надати живлення конструкції. Це дозволяє активувати мікропроцесор на платі мікроконтролера та підготувати інші елементи системи, не турбуючись про можливі проблеми. В цей період мікропроцесор ініціалізує код та переводить

систему в робочий стан. Також проходить запит до модуля RTC за для синхронізації часу.

Отримана інформація відображається на невеликому моніторі, де ми можемо спостерігати за станом системи. При збігу часу з встановленим в коді, відбувається процес обробки команди. Мікропроцесор активує драйвер, який контролює подачу живлення до двигуна та надає йому запит на ввімкнення.

Завдяки наданому живленню, роторний двигун змінює своє положення. При цьому, відбувається також зміна положення крана, який відповідає за подачу води на певну ділянку. В результаті відкривається кран, а вода поступово доставляється до ділянки, де зрошуються культури. Після цього мікропроцесор отримує нову інформацію від модуля RTC для актуалізації часу. Якщо заданий час у коді співпадає з часом в модулі RTC, сигнал надсилається на драйвер, що активує двигун, пов'язаний з краном.

Після певного періоду часу цей алгоритм повторюється, забезпечуючи автоматизовану та ефективну систему зрошення.

### **2.3 Електрична – принципова схема**

На схемі розміщується наступна інформація: пояснювальні написи, умовне відтворення принципу роботи функціональних вузлів, частини окремих елементів, діаграми переключень контактів, а також перелік використовуваних в даній схемі пристроїв. Данна електрична принципова схема має керування на основі мікроконтролера (рис. 2.3).

## Автоматизація процесу краплинного поливу

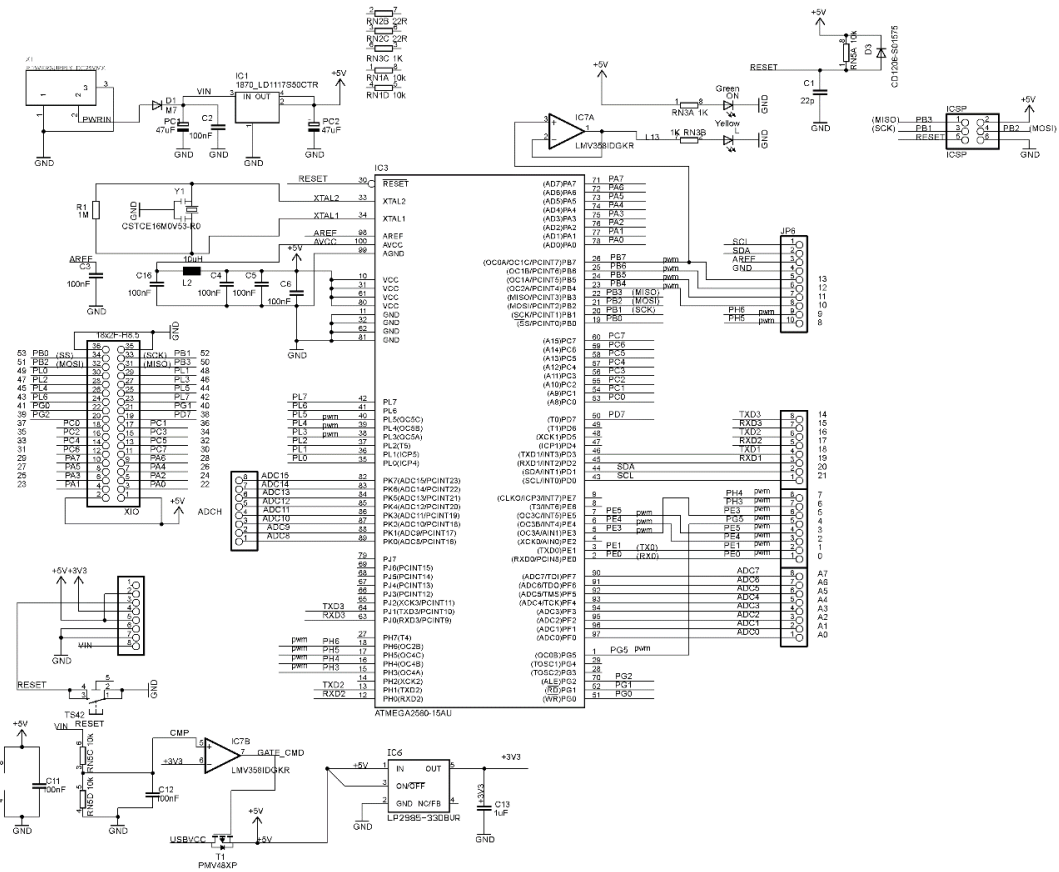


Рисунок 2.3 – Електрична принципова схема системи керування АСК

Дана система складається з мікроконтролер Arduino Mega 2560 який складається з декількох електричних компонентів, які працюють разом для забезпечення його функціональності.

В основі Arduino Mega 2560 лежить мікроконтролер ATmega2560, який є 8-бітним мікроконтролером AVR. Він містить центральний процесор, який виконує інструкції програми та керує загальною роботою плати.

Мікроконтролер покладається на зовнішній кварцовий генератор або резонатор для забезпечення тактового сигналу, який синхронізує час виконання операцій на платі. Цей тактовий сигнал визначає швидкість, з якою мікроконтролер виконує інструкції.

Arduino Mega 2560 має загалом 54 цифрові контакти вводу/виводу. Ці виводи можуть бути налаштовані як входи або виходи, що дозволяє мікроконтролеру взаємодіяти з різними зовнішніми пристроями та компонентами. Плата має 16 аналогових вхідних виводів, які можуть вимірювати

безперервні рівні напруги. Ці виводи дозволяють мікроконтролеру зчитувати аналогові сигнали з датчиків або інших пристроїв.

Arduino Mega 2560 можна жити від зовнішнього джерела живлення або через USB-з'єднання. Для цього потрібне джерело живлення постійного струму з діапазоном напруги від 5 до 12V.

Модуль часу RTC прийдеться до мікроконтролера. Окрім живлення від мікроконтролера, RTC має власну батарейку на 3V, для постійного функціонування. Завдяки їй, годинник працює навіть після вимкнення пристрою чи при відсутності живлення від під'єднаної плати. Електрична – принципова схема модуля часу RTC додана до роботи, та розміщена нижче, рисунок 2.4.

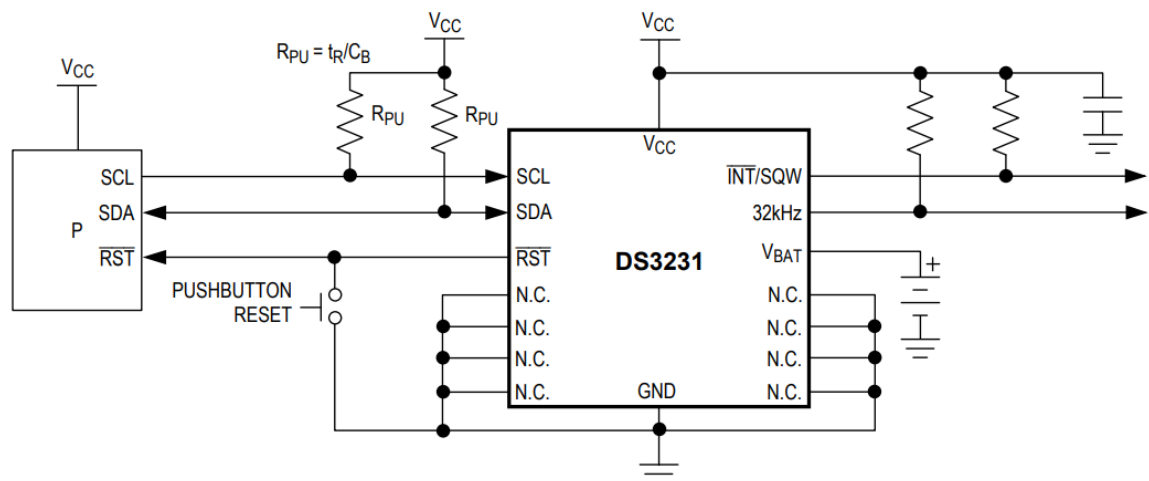


Рисунок 2.4 – Електрична принципова схема RTC

Ми в змозі знехтувати безперебійником в нашій електричній принциповій схемі, оскільки він не вважається частиною пристрою. Використання безперебійника зумовлено скрутністю ситуації з енергопостачанням на ділянки більшої частини людей та проблемою в напрузі.

## 2.4 Мова програмування

### Обґрунтування

Мова програмування пристроїв Ардуіно заснована на C/C++ і скомпонована з бібліотекою AVR Libc і дає змогу використовувати будь-які її

функції. Водночас вона проста в освоєнні, і наразі Arduino - це, мабуть, найзручніший спосіб програмування пристроїв на мікроконтролерах.

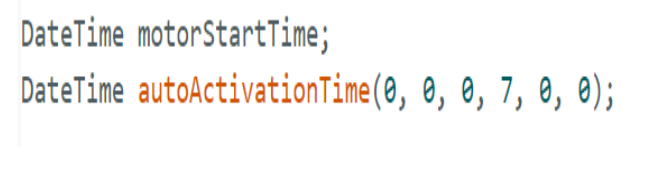
Створення проекту на Arduino складається з 3 головних етапів: написання коду, прототипування (макетування) і прошивка. Для того, щоб написати код, а потім прошити плату, нам необхідне середовище розробки. Насправді їх є чимало, але ми програмуватимемо в оригінальному середовищі - Arduino IDE. Сам код писатимемо на Arduino. Завантажити цей IDE можна на офіційному сайті.

### Особливості коду

Код структурований на функції налаштування та циклу. У функції налаштування встановлюються необхідні режими виводів, ініціалізуються LCD та RTC модулі, а також, за необхідності, може бути відрегульовано початковий час. Функція циклу безперервно перевіряє поточний час з модуля RTC і відповідно оновлює LCD-дисплей. Вона також прослуховує входи клавіатури, щоб активувати двигун або змінити час автоматичної активації.

У змінній `autoActivationTime` встановлено час автоматичної активації двигуна за замовчуванням, активація встановлена на 07:00.

Таблиця 2.1 – Команда автоматичної активації за замовченням

Команда автоматичної активації за замовченням	
Скріншот	Текст
 <pre>DateTime motorStartTime; DateTime autoActivationTime(0, 0, 0, 7, 0, 0);</pre>	<pre>DateTime motorStartTime; DateTime autoActivationTime(0, 0, 0, 7, 0, 0);</pre>

Якщо поточний час збігається з часом автоактивації, а двигун ще не активований, він автоматично активується. Через 30 хвилин після активації двигун автоматично реверсує. Реверс відображається на LCD-дисплеї як "Двигун: REVERSE".



Але при необхідності, оператор здатен змінити час автоматичної активації. Додано функцію `changeAutoActivationTime()`, яка дозволяє змінювати час автоматичної активації за допомогою клавіатури. Натиснувши клавішу 'A', оператор зможе ввести новий час у форматі ГГ:ХвХв, і новий час буде збережено у змінній `autoActivationTime`. Ми в змозі змінити час автоматичної активації за замовчуванням, використовуючи клавішу 'A', щоб змінити його відповідно до вимог користувача. Після, користувач вводить бажаний час через клавіатуру (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Встановлення нового часу команди автоматичної активації

Встановлення нового часу команди автоматичної активації	
Скріншот	Текст
<pre>void changeAutoActivationTime() {     lcd.clear();     lcd.setCursor(0, 0);     lcd.print("Ведіть новий час");     lcd.setCursor(0, 1);     lcd.print("HH:MM");      String timeStr = "";     char key = keypad.waitForKey();     while (key != '#') {         if (key &gt;= '0' &amp;&amp; key &lt;= '9') {             timeStr += key;             lcd.print(key);         }         key = keypad.waitForKey();     } }</pre>	<pre>void changeAutoActivationTime() {     lcd.clear();     lcd.setCursor(0, 0);     lcd.print("Ведіть новий час");     lcd.setCursor(0, 1);     lcd.print("HH:MM");      String timeStr = "";     char key = keypad.waitForKey();     while (key != '#') {         if (key &gt;= '0' &amp;&amp; key &lt;= '9') {             timeStr += key;             lcd.print(key);         }         key = keypad.waitForKey();     } }</pre>

Після введення система відповідно оновить час автоматичної активації.

Функція `loop()` перевіряє, чи збігається поточний час з часом автоматичного ввімкнення, і якщо двигун ще не ввімкнений в цей момент, то автоматично вмикає його.

Активація двигуна запускається натисканням клавіші "#" на клавіатурі. Коли двигун активовано, вивід `motorPin1` встановлюється на HIGH, а вивід `motorPin2` - на LOW. Стан активації двигуна відображається на LCD-дисплеї як "Motor: ON". Повторне натискання клавіші "#" вимикає двигун (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Встановлення нового часу команди автоматичної активації

Встановлення нового часу команди автоматичної активації	
Скріншот	Текст
<pre>char key = keypad.getKey(); if (key == '#') {   activateMotor(); } else if (key == 'A') {   changeAutoActivationTime(); }</pre>	<pre>char key = keypad.getKey(); if (key == '#') {   activateMotor(); } else if (key == 'A') {   changeAutoActivationTime(); }</pre>

Останнім ми будемо очищувати LCD-екран командою `lcd.clear()` для його майбутнього оновлення завдяки циклу функції `loop()`.

### Прошивка Arduino

Для того, щоб залити скетч на Arduino, нам необхідно спочатку просто зберегти його. Далі, щоб уникнути проблем під час завантаження, необхідно перевірити налаштування програматора. Для цього на верхній панелі вибираємо вкладку "Інструменти". У розділі "Плата", обираємо нашу плату. Це може бути й Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Mega, Arduino Leonardo або інші, але нами була використана саме Arduino Mega 2560, тому й обираймо саме її. Також у розділі "Порт" необхідно вибрати порт підключення (той порт, до якого підключено платформу). Після цих дій, завантажуюмо скетч. Для цього натискаймо на стрілочку або у вкладці "Скетч" обираєм "Завантаження" (також

можна скористатися поєднанням клавіш "Ctrl + U"). Прошивка плати успішно завершена.

## 2.5 Елементи системи

Для створення приладу були використані різні елементи. Їх використання зумовлено вигідністю, оскільки створення елементів самостійно підняло би вартість самої системи. В якості мікроконтролера використовується плата Arduino Mega 2560.

### Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 - це вдосконалена ітерація популярної серії Arduino, розроблена для забезпечення широкого спектру портів вводу/виводу, пам'яті та обчислювальної потужності. Вона слугує центром для створення складних проектів, які потребують великої кількості датчиків, приводів та зовнішніх компонентів. Мікроконтролер Arduino Mega 2560 зображений на рисунку 2.5.

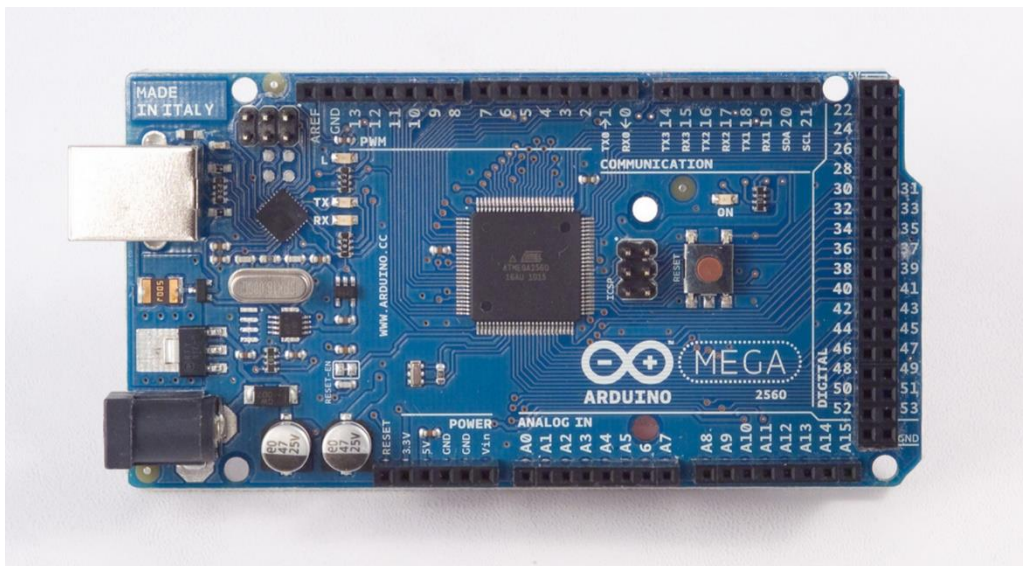


Рисунок 2.5 – Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 - це вдосконалена ітерація популярної серії Arduino, розроблена для забезпечення широкого спектру портів вводу/виводу, пам'яті та обчислювальної потужності. Вона слугує хабом для створення складних проектів, які потребують великої кількості датчиків, приводів та зовнішніх компонентів.

В основі Arduino Mega 2560 лежить мікроконтролер ATmega2560, який володіє вражаючою 8-бітною архітектурою і працює на тактовій частоті 16 МГц. Завдяки 256 КБ флеш-пам'яті, 8 КБ SRAM і 4 КБ EEPROM, він пропонує достатньо місця для зберігання і виконання коду, що дозволяє реалізовувати проекти різного розміру і складності.

Однією з визначальних особливостей Arduino Mega 2560 є велика кількість цифрових і аналогових виводів вводу/виводу. Вона має загалом 54 цифрові виводи вводу/виводу, в тому числі 15 виводів ШІМ (широко-імпульсної модуляції), і 16 аналогових виводів. Така велика кількість виводів дозволяє легко інтегрувати численні датчики, приводи, дисплеї та інші периферійні пристрої, що дає змогу реалізовувати складні та багатогранні проекти. Технічні характеристики мікроконтролера Arduino Mega 2560 додані до роботи, і розміщена нижче, таблиця 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики Arduino Mega 2560

Мікроконтролер Arduino Mega 2560	
Характеристики	
Мікроконтролер	ATmega2560
Робоча напруга	5В
Напруга живлення (рекомендована)	7-12В
Напруга живлення (крайня):	6-20В
Цифрові входи/виходи	54
Аналогові входи	16
Максимальний струм одного виводу	40 мА
Максимальний вихідний струм виведення	3.3V 50 мА
Flash-пам'ять	256 КБ з яких 8 КБ використовуються завантажувачем

## Автоматизація процесу краплинного поливу

EEPROM	4 КБ
Тактова частота	16 МГц

Крім того, мікроплата містить повний набір комунікаційних інтерфейсів, включаючи декілька портів UART (універсальний асинхронний приймач-передавач), шину I2C (міжінтегральна схема), шину SPI (послідовний периферійний інтерфейс) і USB-роз'єм. Ці інтерфейси забезпечують безперешкодний зв'язок із зовнішніми пристроями, такими як датчики, дисплеї та інші мікроконтролери, розширюючи діапазон можливостей і дозволяючи створювати складні мережеві системи.

Для спрощення розробки та програмування Arduino Mega 2560 підтримується програмним середовищем Arduino, яке надає інтуїтивно зрозуміле інтегроване середовище розробки (IDE) для написання та завантаження коду. Arduino IDE пропонує багату бібліотечну екосистему, що полегшує доступ до вже існуючого коду і використання бібліотек, створених спільнотою, заощаджуючи час і зусилля в процесі розробки.

Ще одним важливим аспектом Arduino Mega 2560 є його сумісність з численними платами розширення. Ці плати - це додаткові друковані плати, які можна встановлювати поверх Arduino, розширюючи її функціональність і додаючи специфічні можливості. Незалежно від того, чи це додавання Wi-Fi з'єднання, керування двигуном або навіть сенсорний дисплей, плати розширення пропонують безмежні можливості для налаштування, редагування та розширення можливостей системи.

Arduino - гнучка платформа щодо можливостей підключення і на неї можна подавати напругу декількома способами. Мікроконтролер Arduino здатен живитися від USB або від зовнішнього джерела живлення - тип джерела вибирається автоматично. В якості зовнішнього джерела живлення (НЕ USB) може використовуватися мережевий AC / DC-адаптер або акумулятор / батарея. Штекер адаптера (діаметр - 2.1мм, центральний контакт - позитивний) необхідно вставити у відповідний роз'єм живлення на платі. У разі живлення від

акумулятора / батареї, її проводу необхідно під'єднати до виводів Gnd і роз'єму POWER.

Напруга зовнішнього джерела живлення має бути в межах від 6 до 20 В. Однак, зменшення напруги живлення нижче 7В призводить до зменшення напруги на виводі 5V, що може стати причиною нестабільної роботи пристрою. Використання напруги, більшої за 12В, в більшості випадків, призводить до перегріву стабілізатора напруги та виходу плати з ладу. З огляду на це, рекомендується використовувати джерело живлення з напругою в діапазоні від 7 до 12В.

Використання плати Arduino зумовлено простотою у створеннях прототипів з її допомогою, а також у можливості використання альтернативних мов програмування окрім мови Ардуїно під час створення програми, що надає можливість в майбутнім вдосконалити код та змінити мову програмування на ASM чи C++ не змінюючи самої плати. Використання моделі Mega зумовлено більшою кількістю портів на платі, та особливості потужності.

### **Матрична клавіатура**

Для можливості контролю над системою використовується матрична клавіатура 4x4 завдяки якій оператор здатен регулювати процес поливу власноручно (рис. 2.6).

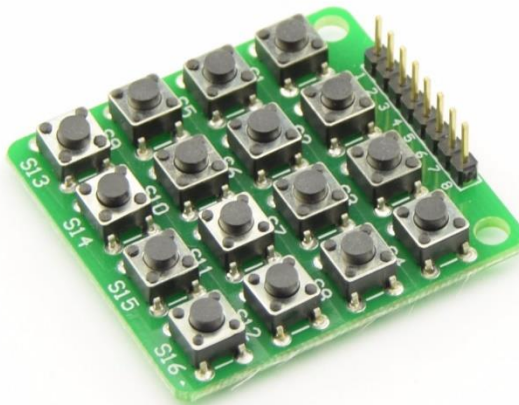


Рисунок 2.6 – Матрична клавіатура 4x4

Спосіб організації масиву кнопок в цій клавіатурі називають "матрицювання", а клавіатури, зібрані використовуючи подібний метод - "матричними". Працює така клавіатура наступним чином, кілька кнопок з'єднуються в прямокутну матрицю, розташовуючись при цьому у вузлах рядів і стовпців із провідників.

Кожна кнопка, під час натискання на неї, замикає контакти між конкретним стовпчиком і конкретним рядом, створюючи ланцюг, який можна програмно виявити. Наприклад, якщо ми натиснемо верхню ліву кнопку на схемі, зображеній вище, ми замкнемо контакти А і 1. І так, як легко переконатися, будь-якій кнопці відповідає своя індивідуальна пара контактів. При цьому контактів всього 8, а кнопок 16. Завдяки чому йде економія у 8 пінів. Неважко підрахувати, що додаючи ряди та/або стовпці, ми будемо ще більше збільшувати співвідношення між кнопками і пінами. Так, матриця 5x5 заощадить вже 15 пінів.

Однак не все так просто. Не можливо подати однаковий сигнал на ряди і зчитувати їх на стовпчиках, у такому разі ми могли б визначати тільки вертикаль, у якій буде натиснута кнопка. Бо коли ми подаємо сигнал, наприклад, тільки на ряд А, то всі кнопки верхнього ряду будуть відстежуватися на контактах 1, 2, 3 і 4, кнопки ж у решті рядів у цей момент жодного впливу на результат не

матимуть, ні натиснуті, ні відтиснуті. Якщо подаємо на ряд В, то відстежимо всі кнопки тільки другого зверху ряду і так далі. Таким чином, для того щоб скласти загальну картину, нам доведеться пройти всіма рядами й усіма стовпчиками, до того ж не важливо, в якому порядку, це справа смаку, головне, щоб зробити це якнайшвидше, і не пропустити жодної. Такий спосіб опитування називається "динамічним скануванням".

### Модуль часу (RTC)

RTC – DS3231, що розшифровується як Real-Time Clock, - це високоточний, малопотужний годинниковий модуль, який широко використовується для обліку часу в різних додатках. Цей невеликий, але потужний модуль забезпечує виняткову точність, що робить його безцінним інструментом для чутливих до часу проектів, систем реєстрації даних та автоматизації. Модуль часу (RTC) зображений на рисунку 2.7.

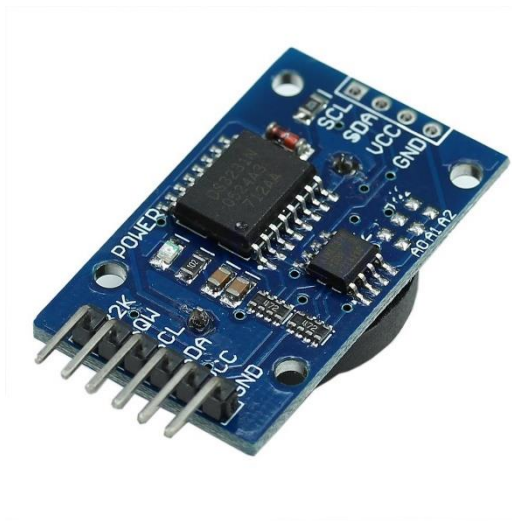


Рисунок 2.7 – Модуль часу (RTC)

На перший погляд, RTC – DS3231 виглядає як крихітна інтегральна схема, інкапсульована в компактному корпусі. Його компактність і простота не відповідають потужності і функціональності, якими він володіє. Під його невибагливим зовнішнім виглядом ховається безліч можливостей, які виводять його в окрему лігу (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики модулю часу RTC – DS3231



## Автоматизація процесу краплинного поливу

Модуль часу RTC – DS3231	
Характеристики	
Календар	до 2100 року
Похибка	+/- 4ppm
Кількість будильників	2
Вихід стабільної частоти	1-32768 Гц
Напруга живлення	2,7 - 5,3 В
Напруга батарейки	2,3 - 5,3 В
Струм споживання	250 мкА
Струм споживання від батарейки	3 мкА
Поріг перемикання на батарею	2,6 В
Інтерфейс	I2C
Розміри	40x22 мм

Однією з визначальних особливостей RTC-DS3231 є надзвичайна точність хронометражу. Завдяки вбудованому кварцовому генератору з температурною компенсацією (КГТК) цей модуль досягає вражаючої точності до  $\pm 2$  частин на мільйон, або приблизно 1,7 секунди відхилення на добу (за звичай, може бути модель з похибкою до +/- 4ppm). Такий рівень точності має вирішальне значення для застосувань, де підтримка точного часу є надзвичайно важливою.

Крім того, RTC-DS3231 може похвалитися широким діапазоном робочої напруги, зазвичай від 2,3 до 5,5 В, що робить його сумісним з різними мікроконтролерами і платами для розробки. Ця універсальність дозволяє легко інтегрувати його в численні проекти, незалежно від цільової платформи.

Однією з найважливіших переваг RTC-DS3231 є його здатність працювати автономно, навіть при відключенні від джерела живлення. Це стало можливим завдяки вбудованому резервному джерелу живлення, як правило, це невелика монетна батарея. Коли основне живлення відключається, модуль плавно перемикається на резервне, забезпечуючи безперервний хронометраж. Ця

функція особливо корисна в ситуаціях, коли очікуються перебої в електропостачанні або відключення електроенергії.

Іншим важливим аспектом RTC-DS3231 є його комплексний набір функцій. Окрім точного хронометражу, він пропонує різноманітні функції, такі як будильники, програмовані синусоїдальні виходи і навіть вбудований датчик температури. Сигнали тривоги можуть бути налаштовані на певний час, що дозволяє модулю пробуджувати мікроконтролери або виконувати заздалегідь визначені дії. З іншого боку, програмовані прямокутні виходи можуть генерувати сигнали з обраною частотою, забезпечуючи додаткові можливості синхронізації.

### Єкран LCD1602

LCD1602, також відомий як 16x2 LCD, є широко використовуваним алфавітно-цифровим дисплеєм, який складається з 16 стовпців і 2 рядків, здатних відображати 32 символи одночасно. Він часто використовується в різних електронних проектах для відображення життєво важливої інформації та взаємодії з користувачем. Дісплей (LCD1602) зображений на рисунку 2.8.

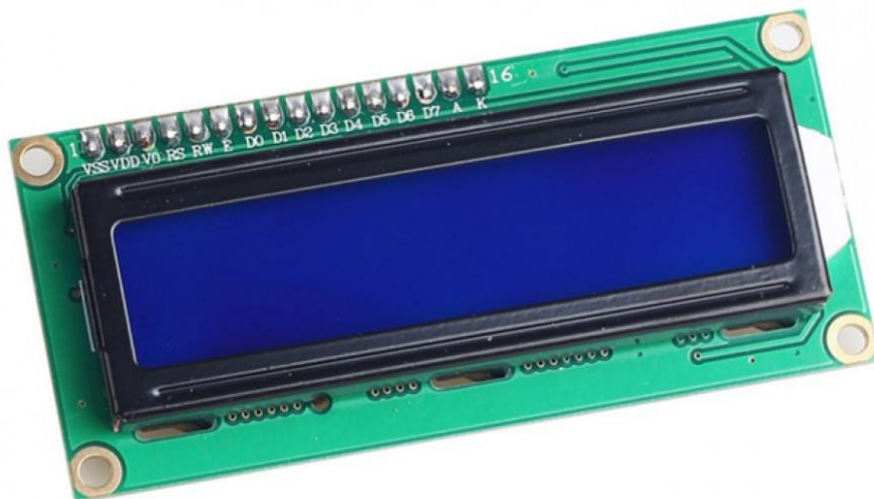


Рисунок 2.8 – Дісплей (LCD1602)

Однак для належного функціонування LCD1602 потребує значної кількості контактів вводу/виводу на мікроконтролері або платі для розробки. Це може бути досить громіздко, особливо при роботі з обмеженими ресурсами або складними проектами, які вимагають численних з'єднань. На щастя, інтерфейс I2C приходиться на допомогу, спрощуючи процес інтеграції та розширюючи можливості дисплея.

I2C, скорочення від Inter-Integrated Circuit - це протокол послідовного зв'язку, який дозволяє декільком пристроям обмінюватися даними між собою, використовуючи лише два дроти: SDA (Serial Data) і SCL (Serial Clock). Інтерфейс I2C діє як міст між мікроконтролером і LCD1602, зменшуючи кількість необхідних з'єднань до чотирьох: VCC, GND, SDA і SCL.

Інтегруючи модуль I2C з LCD1602, ми отримуємо безліч переваг. По-перше, значно зменшується кількість необхідних виводів, що дозволяє зберегти дорогоцінні ресурси мікроконтролера або плати для розробки для інших завдань. Це особливо вигідно в проектах з обмеженими можливостями вводу/виводу або тих, що вимагають використання декількох периферійних пристроїв.

По-друге, інтерфейс I2C спрощує ініціалізацію та керування LCD1602. Замість реалізації складних процедур синхронізації та численних викликів функцій для керування дисплеєм, ми можемо використовувати вже існуючі бібліотеки або модулі I2C, що робить процес кодування більш ефективним і менш схильним до помилок. За допомогою лише кількох рядків коду ми в стані наказати дисплею друкувати символи, переміщати курсор або очищати екран.

Крім того, інтерфейс I2C розширює функціональність LCD1602. З традиційними РК-модулями (LCD-модулями) без інтерфейсу I2C для керування кількома дисплеями необхідні додаткові компоненти, такі як регістри зсуву або розширювачі вводу/виводу. Однак, використовуючи інтерфейс I2C, ми можемо з легкістю з'єднати декілька дисплеїв LCD1602 в послідовний ланцюжок, спростивши налаштування та зменшивши кількість необхідних компонентів.

LCD1602 з інтерфейсом I2C пропонує величезну універсальність з точки зору відображення інформації. Він здатен відображати алфавітно-цифрові знаки, символи і навіть користувацькі символи, що дозволяє нам створювати зручні інтерфейси і відображати основні дані в чіткій і лаконічній формі. Незалежно від того, чи відображаються показання датчиків, опції меню або стан системи, LCD1602 забезпечує інтуїтивно зрозуміле візуальне представлення.

### Контролер

Контролер прямого і зворотного ходу двигуна постійного струму SD0802-ZF - це спеціалізований електронний модуль, розроблений для полегшення безперебійного та ефективного керування напрямком обертання двигунів постійного струму. За допомогою цього контролера інженери та ентузіасти можуть легко перемикатися між прямим і зворотним рухом, відкриваючи широкі можливості в додатках, що вимагають двонаправленого керування двигуном. Контролер SD0802-ZF зображений на рисунку 2.9.

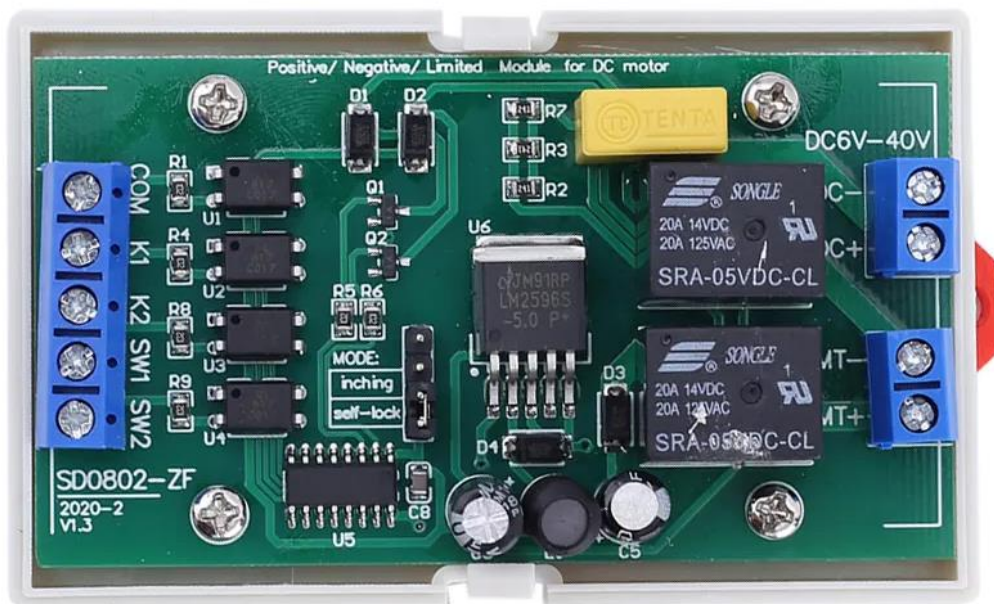


Рисунок 2.9 – Контролер (Драйвер) ходу постійного струму SD0802-ZF

Однією з ключових особливостей контролера SD0802-ZF є простота експлуатації. Модуль зазвичай складається з компактної друкованої плати,

оснащеної вхідними клемми для живлення, підключення двигуна та сигналів керування. Його проста конструкція дозволяє користувачам легко інтегрувати його в свої системи керування двигунами з мінімальними зусиллями.

Контролер SD0802-ZF використовує комбінацію реле або твердотільних перемикачів для регулювання напрямку струму в двигуні постійного струму. Контролюючи потік струму, контролер може диктувати, чи обертається двигун в прямому або зворотному напрямку. Ця функція особливо корисна в робототехніці, електромобілях, конвеєрних системах і різних промислових процесах, де потрібне двонаправлене керування.

Ще однією перевагою контролера SD0802-ZF є його здатність працювати з широким діапазоном номінальних потужностей двигунів. Залежно від конкретної моделі та конфігурації, контролер здатен підтримувати різні вимоги до напруги та струму, пристосовуючись до двигунів з різними номінальними значеннями потужності. Така універсальність робить його пристосованим до різноманітних систем з електроприводом, забезпечуючи надійне та ефективне рішення для керування напрямком руху.

Крім того, контролер SD0802-ZF часто включає в себе механізми захисту для забезпечення безпеки двигуна і самого контролера. Найпоширеніші функції захисту включають захист від перевантаження, захист від короткого замикання та захист від перегріву. Ці захисні механізми запобігають пошкодженню двигуна і контролера в разі ненормальних умов експлуатації, забезпечуючи довговічність і надійність системи.

Що стосується входів керування, контролер SD0802-ZF зазвичай приймає прості сигнальні входи, такі як перемикачі або кнопки, щоб активувати потрібний напрямок руху двигуна. Сигнали керування можуть генеруватися мікроконтролером, панеллю керування або будь-яким іншим відповідним інтерфейсом керування.

Така гнучкість дозволяє легко інтегруватися з існуючими системами керування або розробляти власні системи керування.

### Щітковий двигун постійного струму мотор-редуктор

Щітковий двигун постійного струму мотор-редуктор - це механічний вузол, який поєднує в собі щітковий двигун постійного струму та редуктор в одному блоці. Таке поєднання компонентів синергетично використовує сильні сторони обох для досягнення ефективного та контрольованого руху при застосуванні. Щітковою двигун-редуктор постійного струму зображений на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 – Щітковою двигун-редуктор постійного струму

В основі мотор-редуктора лежить щітковий двигун постійного струму. Цей тип двигуна використовує обертовий якір, щітки та комутатор для перетворення електричної енергії в механічну. Щітки встановлюють електричний контакт з комутатором, забезпечуючи безперервний потік струму до котушок двигуна. Така схема сприяє створенню обертового магнітного поля, що приводить в рух ротор двигуна.

Властиві переваги щіткових двигунів постійного струму роблять їх чудовим вибором для численних застосувань. Вони мають високе співвідношення потужності до розміру, що дозволяє створювати компактні та легкі конструкції без шкоди для продуктивності. Крім того, ці двигуни забезпечують швидке прискорення, точне регулювання швидкості і здатні працювати як з низьким, так і з високим крутним моментом.

Доповненням до щіткового двигуна постійного струму є редуктор. Редуктор відповідає за перетворення високошвидкісної потужності двигуна на більш низьку швидкість зі збільшеним крутним моментом. Це механічне перетворення досягається за допомогою системи шестерень, кожна з яких має власне передавальне число, ретельно розташоване для досягнення бажаного зниження.

Інтеграція редуктора в мотор-редуктор має кілька значних переваг. По-перше, він підвищує вихідний крутний момент, дозволяючи мотор-редуктору долати більші навантаження і виконувати завдання, що вимагають більшого зусилля. Це робить його добре придатним для таких застосувань, як робототехніка, конвеєрні системи та автомобільні механізми.

По-друге, редуктор забезпечує точний контроль над вихідною швидкістю двигуна. Регулюючи передавальне число, швидкість обертання може бути адаптована до конкретних вимог, забезпечуючи оптимальну продуктивність у широкому діапазоні застосувань. Такий рівень керування забезпечує точне позиціонування, точне регулювання швидкості та безперебійну роботу, що робить мотор-редуктор цінним компонентом в автоматизації, промисловому обладнанні та прецизійному устаткуванні. Розміри двигуна зображені на рисунку 2.11.

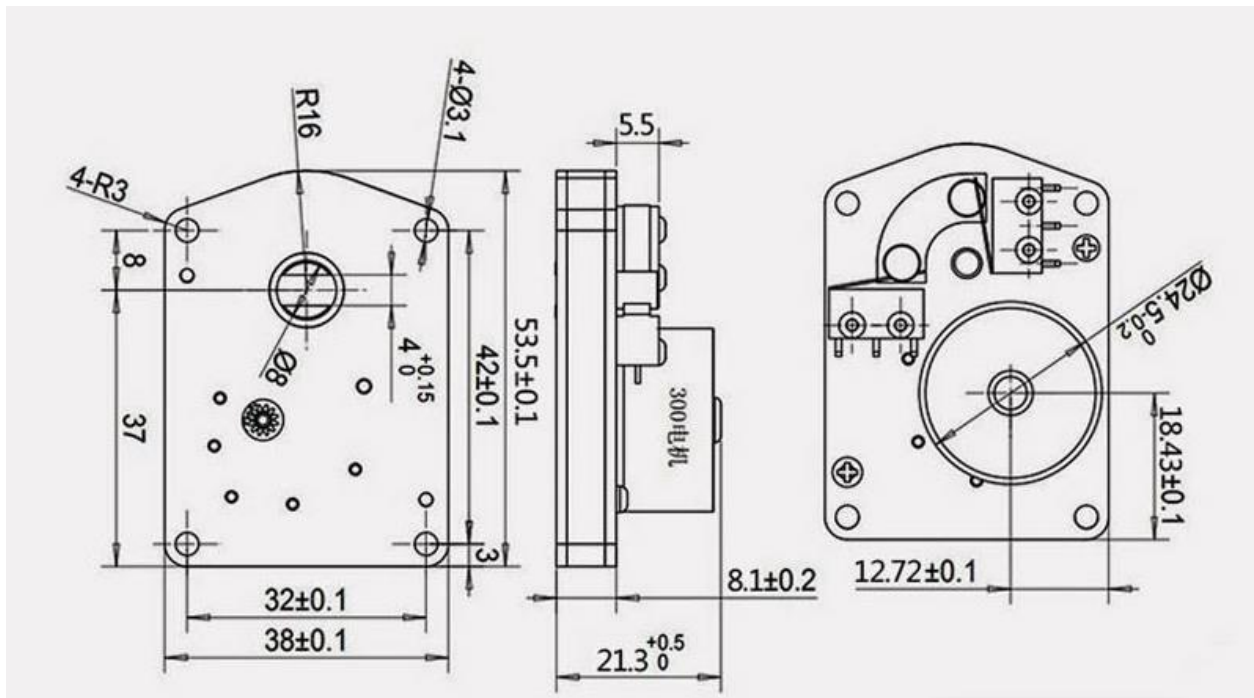


Рисунок 2.11 – Розміщення елементів щіткового двигуна-редуктора постійного струму

Крім того, редуктор підвищує ефективність двигуна, узгоджуючи його характеристики з вимогами навантаження. Це дозволяє двигуну працювати в найбільш ефективному діапазоні, зменшуючи втрати потужності та підвищуючи загальну ефективність системи. Це не тільки економить енергію, але й подовжує термін служби мотор-редуктора.

## 2.6 Прототипування/макетування

Для складання макета нам необхідні наші елементи: драйвер, двигун, проводи, плата мікроконтролера та модулі. Для того, щоб нічого не спалити, і для того, щоб все успішно працювало, розібратися із контролером (рис. 2.12).



## Автоматизація процесу краплинного поливу

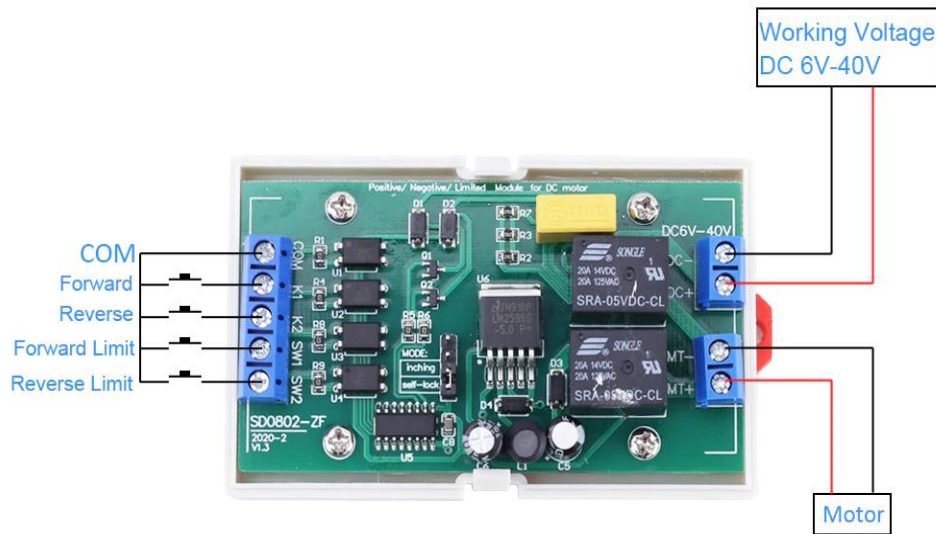


Рисунок 2.12 – Модуль контролера (драйвера)

У контролера (драйвера) є п'ять способів під'єднання до двигуна, з яких два "лімітованих положення", вони потрібні для фіксування положення двигуна. Перше – «Forward Limit», друге – «Reverse Limit». Вони поєднуються до кінцевиків на двигуні та подають сигнал при відсутності активації кнопок, які надають контролеру розуміння про положення двигуна. На «COM» ми підключатимемо "землю" (GND) кінцевиків. Порти «Forward» та «Reverse» ми з'єднаємо з мікроконтролером. Завдяки цьому підключенню, ми будемо активувати двигун. При подачі сигналу на один з портів «Forward» чи «Reverse», під час ввімкнення системи, то контролер ввімкне двигун до обраного положення. Якщо подати сигнал на інший порт після того як подати сигнал на перший, то контролер змінить напрям на останній активований, не закінчивши свій рух до першого заданого положення.

Двигун приєднується до крана, завдяки тримачу та двох хомутів що фіксують положення. Створюється тримач з звичайного металевго кута. Випилюємо потрібну нам форму, та згинаємо її до потрібної форми (рис. 2.13).

## Автоматизація процесу краплинного поливу



Рисунок 2.13 – Фіксація металевого кута для випилки форми

Об'єднуємо тримач з краном завдяки хомутів, та закручуємо їх в тримач. Двигун теж вкручується до тримача, а для кращого фіксування ми модифікуємо кран, так надаємо достатньої форми для перемикання двигуном (рис. 2.14).



Рисунок 2.14 – Об'єднаний двигун та кран

Коли в нас вже є об'єднанні двигун та кран, ми підключаємо контролер, з ними, до мікроконтролера. До мікроконтролера також приєднуються інші модулі, а саме модуль часу, дисплей та клавіатура.

Після підключення всіх частин, завантажимо на плату мікроконтролера скетч, якщо ми раніше цього не зробили. Завдяки прошивці, код залишається на мікроплаті.

Головне перевіряти технічні (електричні) частини на ізоляцію від води під час збирання конструкції, інакше може виникнути коротке замикання та зруйнувати частину схем, або гірше, створити пожегу або зачепити оператора й підвергнути його життя ризику. Для цього відімкнути проводи потрібно буде обмотати ізолюючою стрічкою, щоб ізолювати підключення від замикання. Потім забезпечити безпечне середовище для Мікропроцесора, Драйвера та Двигуна, для цього, ми в змозі створити моделі на 3D принтері та зайнятись їх друком. Створення корпусу не є обов'язковим для нашої системи, але при використанні пристрою в зоні де можливі осадки чи потрапляння води до електричної, потрібно зробити максимальну ізоляцію.

Під час ввімкнення система буде очікувати на команду від оператора, чи на заданий час для активації двигуна.

### **Висновки до другого розділу**

1. Розроблена концепція системи дистанційного контролю над системою іригації та водного контролю. Розроблена блок-схема функціонування системи контролю процесу краплинного поливу.

2. Розроблено алгоритм послідовності дії системи після вмикання апарату, без втручання оператора, та можливості впливу на нього людини. Проаналізовано особливості алгоритму роботи системи та її взаємодія між елементами.

3. Проаналізовано особливості реалізації електричної – принципової схеми елементів системи для глибшого розуміння ключових принципів роботи автоматизованої системи. Для глибшого розуміння процесів сформульовано опис принципу роботи кожного з ключових електричних компонентів

автоматизованої системи для контролю над іригацією, а також зазначено взаємозалежність в системі електричних компонентів.

4. Проаналізовано реалізацію коду системи, особливості використання різних модулів та команд для їх використання. Проаналізовано можливі мови використання та спосіб встановлення команди на мікроконтролер.

5. Проаналізовано технічні особливості елементів запропонованої системи. Опис модулів в розробленій автоматизованій системі.

6. Прототипування та макетування системи автоматизованого краплинного поливу, включає в себе вибір: програмного забезпечення – інструментів, правильно обраного програмного забезпечення посприяє стрімкому проектуванню автоматизованих систем, а також здійснити дистанційне керування двигуном використовуючи кнопки, після чого здійснити керування двигуном при відсутності оператора використовуючи модуль часу.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи:

1. За аналізом технічної та комерційної літератури можна зробити висновок, що в основному системи іригації та поливу розроблені на живе втручання оператора під час поливу, чи мають велику вартість обладнання. Звісно, що можна створити подібне регулювання і контроль автономними засобами без участі дистанційного оператора, але неможливо урахувати всі нестандартні ситуації, що можуть виникати. У цьому випадку важливо мати можливість візуального контролю над системою.

2. В основу розробленої автоматизованої системи іригації поставлено задачу вдосконалення системи і мінімізація кількості обладнання і зменшення затрат. Результати функціонального аналізу використані для проектування етапу моніторингу за системою управління водними ресурсами.

3. Розглянуто аналоги систем орошення та іригації. Всі розглянуті системи мають певні недоліки: орієнтованість на конкретні цілі, громіздкість та висока вартість обладнання.

4. Розроблена концепція системи дистанційного контролю над системою іригації та водного контролю. Розроблена блок-схема функціонування системи контролю процесу краплинного поливу.

5. Розроблено алгоритм послідовності дії системи після вмикання апарату, без втручання оператора, та можливості впливу на нього людини. Проаналізовано особливості алгоритму роботи системи та її взаємодія між елементами.

6. Проаналізовано особливості реалізації електричної – принципової схеми елементів системи для глибшого розуміння ключових принципів роботи автоматизованої системи. Для глибшого розуміння процесів сформульовано опис принципу роботи кожного з ключових електричних компонентів автоматизованої системи для контролю над іригацією, а також зазначено взаємозалежність в системі електричних компонентів.

7. Проаналізовано реалізацію коду системи, особливості використання різних модулів та команд для їх використання. Проаналізовано можливі мови використання та спосіб встановлення команди на мікроконтролер.

8. Проаналізовано технічні особливості елементів запропонованої системи. Опис модулів в розробленій автоматизованій системі.

9. Прототипування та макетування системи автоматизованого краплинного поливу, включає в себе вибір: програмного забезпечення – інструментів, правильно обраного програмного забезпечення посприяє стрімкому проектуванню автоматизованих систем, а також здійснити дистанційне керування двигуном використовуючи кнопки, після чого здійснити керування двигуном при відсутності оператора використовуючи модуль часу.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ**

1. Mel Bartholomew. All New Square Foot Gardening – Cool Springs Press – 2006 – P. 272
2. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. Иригація // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 104.
3. Джурка Г.Ф., Полімерні композиційні матеріали - Полтава, 2008 – 58 с.
4. Орлов В.О., Тугай Я.А., Орлова А.М.: Водопостачання та водовідведення — К., 2011. — 359 с.
5. Водопостачання і водовідведення - Мацієвська О.О. - Видавництво Львівської політехніки, 2015 - 144 с.
6. Ткачук О.П. Сільськогосподарська Екологія / Ткачук О.П., Шкатула Ю.М., Тітаренко О.М.. – Вінниця, 2020. – 542 с.
7. Пат. на корисну модель 138031 Україна, МПК (2006.01) A01G25/02. Автономна система крапельного поливу / І. І. Добруцький. № u 2019 06301; заявл. 05.06.2019; опубл. 11.11.2019, Бюл. № 21. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1391092/> (дата звернення: 10.06.2022).
8. Пат. на корисну модель 14/591,960 United States, МПК (2006.01) A01G25/02. Автоматизоване управління поливом система / S. A. Bermudez Rodriguez, H. F. Namann, L. Klein, F. J. Marianno. № US 2016/0202679 A1; заявл. Jan. (6) 8, 2015; опубл. Jul. (7), 14, 2016. URL: <https://patents.google.com/patent/US20160202679A1/en> (дата звернення: 16.06.2022).
9. Ashish Upadhyay, Prem Kumar, Ravikant Yadav. Automatic Irrigation Systems With SCADA: A Future Prospective, October 13, 2015 – P. 92.
10. Hyman, Anthony. Charles Babbage: Pioneer of the computer. – Oxford University Press, 2016.
11. John Boxall – Arduino Workshop, 2nd Edition: A Hands-on Introduction with 65 Projects – No Starch Press; – LAP LAMBERT Academic Publishing – May 27, 2021 – P. 432.
12. Corney J. The Next and Last Industrial Revolution? / J. Corney // Assembly Automation. – 2005. – P. 257.
13. El-Hagarey Mohamed – Innovative Automatic Self-Compensating Gated Irrigation Pipes – LAP Lambert Academic Publishing – May 18, 2015 – P. 88.
14. Robert Kourik. Drip Irrigation for Every Landscape and All Climates, 2nd Edition – Metamorphic Press – May 5, 2009 – P. 184.

**ДОДАТОК А**

Лістинг коду програми мікроконтролера

```
#include <Wire.h>
#include <RTCLib.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Keypad.h>

RTC_DS3231 rtc;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

const int motorPin1 = 13;
const int motorPin2 = 12;
const int numRows = 4;
const int numCols = 4;

char keys[numRows][numCols] = {
  {'1', '2', '3', 'A'},
  {'4', '5', '6', 'B'},
  {'7', '8', '9', 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};
byte rowPins[numRows] = {9, 8, 7, 6};
byte colPins[numCols] = {5, 4, 3, 2};

Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(keys), rowPins, colPins, numRows,
numCols);
bool motorActivated = false;
bool motorReversed = false;
DateTime motorStartTime;
DateTime autoActivationTime(0, 0, 0, 7, 0, 0); // Час автоматичної активації
за замовчуванням 07:00
void setup() {
  pinMode(motorPin1, OUTPUT);
  pinMode(motorPin2, OUTPUT);
  lcd.begin(16, 2);
  rtc.begin();

  // Команда нижче встановлює початковий час
  rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
```



## Автоматизація процесу краплинного поливу

```
}

void loop() {
  DateTime now = rtc.now();
  int hour = now.hour();
  int minute = now.minute();
  int second = now.second();

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Час: ");
  lcd.print(hour);
  lcd.print(":");
  if (minute < 10) lcd.print("0");
  lcd.print(minute);
  lcd.print(":");
  if (second < 10) lcd.print("0");
  lcd.print(second);

  char key = keypad.getKey();
  if (key == '#') {
    activateMotor();
  } else if (key == 'A') {
    changeAutoActivationTime();
  }

  // Інший код для статусу крана знаходиться тут

  if (!motorActivated && !motorReversed && now.hour() ==
  autoActivationTime.hour() && now.minute() == autoActivationTime.minute()) {
    activateMotor();
  }

  if (motorActivated && !motorReversed) {
    DateTime current = rtc.now();
    TimeSpan elapsedTime = current - motorStartTime;
    if (elapsedTime >= TimeSpan(0, 30, 0)) {
      reverseMotor();
    }
  }

  delay(500);
}
```

## Автоматизація процесу краплинного поливу

```
}  
  
void activateMotor() {  
  if (!motorActivated) {  
    digitalWrite(motorPin1, HIGH);  
    digitalWrite(motorPin2, LOW);  
    motorActivated = true;  
    motorReversed = false;  
    motorStartTime = rtc.now();  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("Motor: ON ");  
  } else {  
    digitalWrite(motorPin1, LOW);  
    digitalWrite(motorPin2, LOW);  
    motorActivated = false;  
    motorReversed = false;  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("Motor: OFF");  
  }  
}  
  
void reverseMotor() {  
  if (motorActivated && !motorReversed) {  
    digitalWrite(motorPin1, LOW);  
    digitalWrite(motorPin2, HIGH);  
    motorReversed = true;  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("Motor: REVERSE");  
  }  
}  
  
void changeAutoActivationTime() {  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("Ведіть новий час");  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("HH:MM");  
  
  String timeStr = "";  
  char key = keypad.waitForKey();  
  while (key != '#') {
```

## Автоматизація процесу краплинного поливу

```
if (key >= '0' && key <= '9') {  
    timeStr += key;  
    lcd.print(key);  
}  
key = keypad.waitForKey();  
}  
  
if (timeStr.length() == 4) {  
    int newHour = timeStr.substring(0, 2).toInt();  
    int newMinute = timeStr.substring(2).toInt();  
    autoActivationTime = DateTime(0, 0, 0, newHour, newMinute, 0);  
}  
  
lcd.clear();  
}
```

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Чорноморський національний університет імені Петра Могили**  
**Факультет комп'ютерних наук**  
**Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**  
**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КРАПЛИННОГО**  
**ПОЛИВУ**

**СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА З ОХОРОНИ ПРАЦІ**

Спеціальність «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ – 471.21917107

**Студент**

\_\_\_\_\_ Митрохін В.О.

підпис ініціали, прізвище

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Консультант** канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_ А. О. Алексєєва

підпис ініціали, прізвище

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

Миколаїв – 2023

## ЗМІСТ

1. Нормативна документація щодо забезпечення охорони праці під час використання екранними пристроями .....	5
2. Вимоги до приміщення з використанням екранних пристроїв.....	6
3. Вимоги до роботи з екранними пристроями.....	10
4. Вимоги щодо режиму відпочинку та праці в місцях з екранними пристроями .....	12
5. Забруднення повітря на робочих місцях з використанням екранних пристроїв .....	13
6. Виробничий шум та вібрація .....	14
7. Заходи пожежної безпеки .....	15
8. Електромагнітні поля .....	16
ВИСНОВКИ .....	18
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....	20

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ**

ВДТ	–	візуальний дисплейний термінал
ДБН	–	Державні будівельні норми
ДСанПН	–	Державні санітарні норми, правила, гігієнічні нормативи
ЕОМ	–	електронна обчислювальна машина
КПО	–	коефіцієнт природної освітленості
ПК	–	персональний комп'ютер
ПЕОМ	–	персональні електронні обчислювальні машини
ССБП	–	система стандартів безпеки праці

## ВСТУП

Стан справ з охороною праці у світі стає все більш актуальною проблемою як для профспілок, так і для міждержавних структур, насамперед Міжнародної організації праці. МОП розглядає цю тему як частину своєї Програми гідної праці. Підвищена увага до проблем безпеки праці пояснюється в першу чергу тим, що з кожним роком, незважаючи на заходи, що вживаються, у різних країнах зростає рівень виробничого травматизму, у тому числі зі смертельними наслідками, і кількість профзахворювань. Причому це стосується і тих країн, де їм приділяється, здавалося б, підвищена увага. До сфери безпеки праці все більшою мірою залучаються питання, пов'язані з самопочуттям працівника, і фактори, що побічно впливають на трудову діяльність.

Регулювання охорони праці в Україні здійснюється: Конституцією України; Законом України «Про охорону праці» від 21.11.2002 року №229 - IV; Законом України «Про загальнообов'язкове державне страхування від нещасних випадків та професійних захворювань» від 08.07.2010 р. № 2-3; Кодексом законів про працю; нормативними актами міністерств, відомств та локальними нормативними актами.

В розділі присвяченому охороні праці показані умови праці на відкритому середовищі, в якому будуть використовуватися інформація вказана в дипломній роботі, її відповідність санітарним нормам, в першу чергу рівень безпеки місця, оснащення, параметри клімату (температура, швидкість повітря, вологість), рівень шуму. Також, в розділі визначається можливі небезпеки, та закони, спрямовані на попередження виникнення цих небезпек, створення безпечних і здорових умов праці на робочому місці.

## **1. Нормативна документація щодо забезпечення охорони праці під час використання екранними пристроями**

Існують розклади які оператори повинні дотримуватися під час користування електронно-обчислювальними машинами. Дотримання цих правил понизить наслідки несприятливої дії на операторів шкідливих та небезпечних факторів, які можуть відбутись під час взаємодії з електронно-обчислювальними машинами. С початку, це відноситься зорових та нервово-емоційних перевантажень, серцево-судинних захворювань та психічної складової працівника.

У правилах охорони праці в період експлуатації електронно-обчислювальних машин викладені гігієнічні та ергономічні вимоги до робочих приміщень та місць, параметрів робочого середовища, і при дотримуванні всіх зазначених правил, надає змогу уникнути порушення стану здоров'я користувача.

Відповідальність за виконання правил покладається на фізичних осіб, посадових осіб, які займаються підприємницькою діяльністю та здійснюють застосування електронно-обчислювальних машин в адміністративних та промислових приміщеннях.

Державний санітарний нагляд за дотримання усіх цих правил державними органами, підприємствами, установами, організаціями незалежно від форми власності, а також фізичними особами, які займаються підприємницькою діяльністю, покладається на органи і установи санітарно – епідеміологічного профілю Міністерства охорони здоров'я України, відповідні установи, організації, частини та підрозділи Міністерства оборони України, закони України (ст. 31 Закону України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення») [20].



## 2. Вимоги до приміщення з використанням екранних пристроїв

Усі приміщення, де оператори використовують персональні комп'ютери, повинні відповідати ряду вимог. Ці запити перевіряються тільки спеціальними службами, які значені для нагляду за дотриманням вимог охорони праці на підприємствах. Нижче наведено частину вимог з документу про правила охорони праці під час роботи на підприємствах:

- об'ємно-планувальні рішення будівель та приміщень для роботи з електронно-обчислювальними машинами мають відповідати вимогам ДСанПН 3.3.2.007-98 [9];
- розміщення робочих місць з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ у підвальних приміщеннях, на цокольних поверхах заборонено;
- площа на одне робоче місце становить не менше ніж 6,0 м, а об'єм - не менше ніж 20,0 м;
- приміщення для роботи з комп'ютерами повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 [10];
- природне освітлення має здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід, і забезпечувати КПО не нижче, ніж 1,5%;
- виробничі приміщення повинні обладнуватись шафами для зберігання документів, магнітних дисків, полицями, стелажми, тумбами тощо, з урахуванням вимог до площі приміщень;
- у приміщеннях з електронно-обчислювальними машинами слід щоденно робити вологе прибирання;
- приміщення з електронно-обчислювальними машинами мають бути забезпечені аптечками першої медичної допомоги;
- на підприємствах, де є комп'ютери, мають бути обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження слід передбачити

встановлення пристроїв для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою (ДБН В.2.2-28:2010) [11].

Нижче наведено частину вимоги до безпеки робочих місць працівників з екранними пристроями з наказу Міністерством соціальної політики України «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» на стан 18 травня 2018 року [2]:

– робочі місця працівників з екранними пристроями зобов'язані бути спроектовані так образом та мати такі розміри, щоб в працівників був простір для зміни робочого положення і рухів;

– всі випромінювання від екранних пристроїв повинні бути зведені до гранично припустимого рівня з точки зору безпеки і охорони здоров'я працівників;

– організація робочого місця працівника з екранними пристроями зобов'язана забезпечувати відповідність всіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним, антропологічними, психофізіологічним вимогам, а також відповідність характеру виконуваних робіт;

– освітлення робочого місця працівника з екранними пристроями повинно створювати відповідний контраст між екраном і навколишнім середовищем (з урахуванням виду роботи) і відповідати вимогам ДСанПІН 3.3.2.007-98 [9];

– мікроклімат виробничих приміщень з робочими місцями працівників з екранними пристроями повинен підтримуватися на постійному рівні і відповідати вимогам Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 [12];

– робочий стіл або робоча поверхня повинна бути достатнього розміру та мати поверхню з низькою відбивною здатністю, допускати гнучкість при розміщенні екрана, клавіатури, документів і відповідного обладнання;

– робоче крісло має бути міцним та стійким, дозволяти працівникові з екранними пристроями легко рухатися і займати зручне положення. Сидіння повинне регулюватися по висоті, спинка сидіння повинна регулюватися як по висоті, так і по нахилу;

– слід передбачати підставку для тих, кому це необхідно для зручності.

Крім тих вимог, які повинні дотримуватися усі робочі місця на підприємствах, є ще правила електробезпеки. Нижче наведено частину вимог з документу про правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальної машини, розділ 2, пункт 2.3 – Вимоги електробезпеки [3]:

– під час монтажу необхідно унеможливити виникнення електричного джерела загоряння через коротке замикання та перевантаження проводів;

– обов'язково встановити аварійний резервний вимикач, якщо у приміщення працює понад п'ять комп'ютерів;

– електромережу штепсельних розеток живлення для комп'ютерів та іншого обладнання прокладати у каналах, при цьому не допускається використання деяких матеріалів, що швидко загоряються.

Також існує вимоги до виробничого приміщення щодо параметрів мікроклімату, освітлення, шуму та вібрації, рівні електромагнітного та іонізуючого випромінювання. Це потрібно для зменшення впливу негативних факторів на праці працівника.

У виробничих приміщеннях на усіх робочих місцях з персональними комп'ютерами мають обов'язково забезпечуватися оптимальні значення

параметрів мікроклімату, а саме температури відносної вологості й рухливості повітря (ГОСТ 12.1.005-88, СН 4088-86) [13, 14] (табл. 1).

Таблиця 1. Норми клімату для приміщень з технікою

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	1а	22-24	40-60	<0,1
	1б	21-23		0,1
Тепла	1а	23-25	40-60	0,1
	1б	22-24		0,2

До категорії робіт 1а виконується при роботі сидячі і при якій не потребується фізичне напруження людини, а категорії робіт 1б коли виконується при роботі сидячі, стоячи або при роботі пов'язаній з ходінням та яка потребує деякого фізичного напруження.

Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями на підприємствах повинно бути обладнане ВДТ та має здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У виробничих та адміністративних приміщеннях, у разі роботою з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення.

Значення освітленості на поверхні робочого стола має становити 300-500лк. Якщо не має можливості забезпечити системою загального освітлення, допускається використання місцевим освітленням. Місцеве освітлення слід встановлювати так, щоб не створювати відблисків на поверхні екрану, а освітленість екрану персонального комп'ютера має не перевищувати 300лк.

Як джерело світла у приміщеннях для штучного освітлення мають використовуватися люмінесцентні лампи типу ЛБ. При використанні відбитого

освітлення у виробничих та адміністративних приміщеннях допускається використання метало-галогенних ламп, які мають потужність 250Вт.

Допускається використання ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення.

Інтенсивність потоків інфрачервоного випромінювання має не перевищувати допустимих значень, які зазначені у ДСН 3.3.6.042-99 [12].

Інтенсивність потоків ультрафіолетового випромінювання має не перевищувати допустимих значень, які зазначені у СН 4557-88 [16].

Потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,05м від екрану та корпусу комп'ютера не повинна перевищувати 0,1мбер/рік (100мкР/рік).

### **3. Вимоги до роботи з екранними пристроями**

На сьогоднішній день існує ряд вимог, які зобов'язанні виконуватись операторами, основним місцем роботи яких є місце за персональним комп'ютером. Нижче наведено частину вимог з наказу Міністерством соціальної політики України «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» на стан 18 травня 2018 року [3]:

Мінімальні вимоги безпеки під час роботи з екранними пристроями:

- щодня перед початком роботи необхідно очищати екран пристрою від пилу та інших забруднень;
- після закінчення роботи екранні пристрої слід відключати від електричної мережі;
- у разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити екранний пристрій від електричної мережі.

Не надається:

151 «Автоматизації та комп'ютерно інтегровані технологій»  
Автоматизація процесу краплинного поливу

- виконувати технічне обслуговування, ремонт і налагодження екранних пристроїв безпосередньо на робочому місці працівника при роботі з екранними пристроями;
- відключати захисні пристрої, самочинно проводити зміни у конструкції та складі екранних пристроїв або їх технічне налагодження;
- працювати з екранними пристроями, в яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані та інші несправності;
- при виконанні робіт операторського типу, пов'язаних з нервово-емоційним напруженням, у приміщеннях при роботі з екранними пристроями, на пультах і постах керування технологічними процесами і в інших приміщеннях повинні дотримуватися оптимальні умови мікроклімату відповідно до вимог ДСН 3.3.6.042-99 [12].

Мінімальні вимоги безпеки до екранних пристроїв:

- екранні пристрої не повинні бути джерелом ризику для працівників.
- всі випромінювання, за винятком видимої частини електромагнітного спектра, повинні бути зведені до незначного рівня з точки зору безпеки і охорони здоров'я працівників.
- символи на екранних пристроях повинні бути чіткими, відповідного розміру. Між символами і рядками символів має бути належну відстань.
- зображення на екрані повинно бути стабільним, без спалахів або інших видів нестабільності.
- яскравість і/або контрастність символів має легко регулюватися працівником при роботі з екранними пристроями, а також швидко адаптуватися до навколишніх умов.
- вибираючи екрани, слід віддавати перевагу таким екранам, які легко і вільно повертаються і нахиляються у відповідності з потребою працівника.
- при необхідності може використовуватися окрема підставка або регульований стіл для розміщення екрану.

- екран не повинен відсвічувати або відбивати світло, щоб не викликати дискомфорту у працівника при роботі з екранними пристроями.
- вибираючи клавіатуру, слід віддавати перевагу такій клавіатурі, яка відкидається і є автономною (відокремленої від екрана), щоб працівник міг вибрати зручну робочу позу і уникнути втоми рук (кисті та верхньої частини руки).
- поверхня клавіатури матова, для уникнення відображення. Розташування клавіш та самі клавіші повинні полегшувати роботу з клавіатурою. Позначення клавіш зобов'язане бути контрастним та розбірливим.
- при розробці, виборі, замовленні та модифікації програмного забезпечення, а також при розробці завдань, які передбачають використання обладнання з екранними пристроями, роботодавець повинен керуватися таким програмним забезпеченням, яке відповідає завданням і є простим у використанні, а де необхідно адаптованим до рівня знань і досвіду працівника.

#### **4. Вимоги щодо режиму відпочинку та праці в місцях з екранними пристроями**

При організації праці, пов'язаної з електронними пристроями, для збереження здоров'я операторів, ухилення професійних захворювань і підтримки працездатності, повинно передбачатися внутрішньо змінні регламентовані перерви на відпочинок.

Внутрішньо змінні режими праці та відпочинку повинні містити додаткові нетривалі перерви в період, які виключають появу об'єктивних в суб'єктивних ознак стомлення та зниження працездатності.

При виконанні робіт, що належать до різної трудової діяльності, за основну треба вважати таку роботу з ВДТ, що займає не менше 50% робочого часу. Під час робочої зміни повинно передбачатися:

- перерви для відпочинку та вживання їжі;

- перерви для відпочинку та особистих потреб згідно з трудовими нормами;
- додаткові перерви, які вводяться для окремих професій з урахуванням особливостей трудової діяльності.

Правила встановлюють внутрішньо змінні режими праці та відпочинку під час праці із електронними пристроями при денній 8-годинній робочій зміні в залежності від характеру праці. Для звичайних операторів при використанні електронними пристроями потрібно призначити регламентовану перерву для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожну годину роботи за персональним комп'ютером. Тим, хто працюють за комп'ютером, необхідно робити перерву для відпочинку кожну годину або дві під час робочого дня тривалістю від 10 до 15 хвилин. У всіх випадках, коли обставини не дозволяють використовувати регламентовану перерву, тривалість безперервної праці з електронними пристроями повинна бути не більше, а ніж 4 години.

При 12-годинній робочій зміні регламентовані перерви повинні встановлюватися в перші 8 годин роботи, аналогічно перервам при 8-годинній робочій зміні, а протягом останніх 4-х годин роботи, незалежно від характеру трудової діяльності, через кожну годину тривалістю 15 хвилин.

## **5. Забруднення повітря на робочих місцях з використанням екранних пристроїв**

Чимало досліджень було присвячено визначенню хімічного складу повітря на робочих місцях операторів ВДТ. Багатьма дослідниками було відмічено, що до кінця робочого дня в повітря робочої зони різко зростає концентрація CO<sub>2</sub> яка сягала від 0,12-0,13 до 0,19% (в атмосферному повітрі CO<sub>2</sub> міститься 0,03%).

Особливу небезпеку щодо впливу на здоров'я представляє підвищена концентрація озону - високотоксичного подразнюючого газу. З цієї причини він був внесений у список речовин, максимальні значення концентрації яких на



робочих місцях обмежені та строго визначені. Надзвичайна небезпека озону для здоров'я людини пов'язана з тим, що він належить до так званих радіоміметичних речовин – хімічних сполук, що викликають в живих організмах зміни, схожі з тими, які виникають після дії іонізуючого випромінювання. Тому озон вважається не лише подразнюючою, а й канцерогенною речовиною.

Основними джерелами озону на комп'ютеризованих місцях є ЕПТ ВДТ та лазерні принтери. З огляду на це, необхідно виключати ВДТ у випадках, коли він не використовується, а лазерний принтер бажано розташовувати подалі від робочого місця оператора. Однак, це додаткові заходи, основним же заходом щодо запобігання несприятливого впливу озону та інших шкідливих речовин на здоров'я операторів є забезпечення функціонування припливно-витяжної вентиляції. Для того, щоб шкідливі речовини не проникали із сусідніх приміщень в приміщеннях з ВДТ необхідно створити деякий надлишковий тиск.

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88[13] вміст озону в повітрі робочої зони не повинен перевищувати 0,1 мг/м<sup>3</sup>; вміст оксидів азоту - 5 мг/м<sup>3</sup>; вміст пилу – 4 мг/м<sup>3</sup>.

## **6. Виробничий шум та вібрація**

Шум несприятливо діє на слуховий аналізатор та інші органи і системи організму людини. Визначальне значення щодо такої дії має інтенсивність шуму, його частотний склад, тривалість щоденного впливу, індивідуальні особливості людини, а також специфіка виробничої діяльності.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ВДТ і ПК визначені ДСанПіН 3.3.2-007-98 [9].

Основними заходами та засобами боротьби з шумом є:

- зниження рівнів шуму в джерелі його утворення (застосовується, як правило, в процесі проектування);
- використання звукопоглинаючих та звукоізолюючих засобів;

- раціональне планування виробничих приміщень та робочих місць.

На комп'ютеризованих робочих місцях основними джерелами шуму є вентилятори системного блоку, накопичувачі, принтери ударної дії. Для зниження рівнів шуму на робочих місцях рекомендується розмістити друкувальні пристрої ударної дії (матричні, шрифтові принтери тощо) в іншому приміщенні, або огородити їх звукоізолюючими екранами.

Оскільки зовнішні шуми (вулиця, суміжні приміщення) також можуть негативно впливати на функціональний стан операторів ВДТ, то стіни приміщень, в яких розташовані комп'ютеризовані робочі місця бажано облицювати звукопоглинаючими матеріалами. Однак доцільність їх застосування повинна бути обґрунтована спеціальними інженерно-акустичними розрахунками. Звукопоглинаюче облицювання стін (іноді й стелі) необхідно здійснювати матеріалами, що мають максимальний коефіцієнт звукопоглинання в межах частот 31,5-8000 Гц і дозволені для оздоблення приміщень органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду.

Для зниження вібрації обладнання, пристрої, пристосування необхідно встановлювати на спеціальні амортизуючі прокладки, передбачені нормативними документами.

## **7. Заходи пожежної безпеки**

Приміщення, в якому передбачається робота з комп'ютером, повинно бути облаштовано враховуючи існуючі санітарні нормативи освітлення, вимоги до параметрів мікроклімату (температура, відносна вологість), ступеня і сили вібрації, звукового шуму і вогнестійкості приміщення, а також характеристики електромагнітного, ультрафіолетового та інфрачервоного полів.

Пожежі в приміщеннях з комп'ютерною технікою складають велику небезпеку для працюючих, і можуть заподіяти величезні матеріальні збитки.

До основних причин пожеж, які виникають на робочому місці інженера, можна віднести:

- необережне поводження з вогнем;

- незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації;
- порушення режимів технологічних процесів;
- несправність опалювальних приладів та порушення правил їх експлуатації;
- невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки.

На робочому місці, що розглядується можливі такі причин пожежі: перевантаження дротів, коротке замикання, порушення правил експлуатації приладів.

Рекомендується створити такі умови попередження пожеж: курити лише у суворо відведених місцях, стежити за режимом роботи нагрівальних приладів та електроприладів, вчасна профілактика та ремонт електроприладів, стежити за придатністю вогнегасників.

В якості профілактичних заходів для забезпечення пожежної безпеки слід використовувати скриту електромережу, надійні розетки з пожежобезпечних матеріалів, силові мережі живлення устаткування виконувати кабелями, розрахованими на підключення в 3-5 разів більшого навантаження, включати й виключати живлення обладнання за допомогою штатних вимикачів. Треба регулярно робити очистку внутрішніх частин комп'ютерів, іншого устаткування від пилу. Для запобігання іскріння необхідно рідше встромляти і виймати штепсельні вилки з розеток [19].

## **8. Електромагнітні поля**

Електромагнітні поля біля комп'ютера (особливо низькочастотні) негативно впливають на людину і в першу чергу на її центральну нервову систему, викликаючи головний біль, запаморочення, нудоту, депресію, безсоння, відсутність апетиту, виникнення синдрому стресу [8].

Нервова система реагує навіть на короткі, за тривалістю, впливи слабких полів: змінюється гормональний стан організму, порушуються біоструми мозку.

151 «Автоматизації та комп'ютерно інтегровані технологій»  
Автоматизація процесу краплинного поливу

Це призводить до погіршення зору, ускладненню серцево-судинних захворювань, зниженню імунітету.

Рекомендації по захисту:

- використання приладів з меншою потужністю;
- місце відпочинку необхідно достатня його видалення від побутових приладів випромінюючих досить великий рівень магнітного поля, деякі типи підлог з електричним підігрівом, телевізори, нагрівачі, блоки живлення і зарядні пристрої;
- розміщення електричних приладів на деякій відстані один від одного і видалення їх від місця відпочинку.

## ВИСНОВКИ

Під час аналізу умов праці з системою дистанційного контролю крапельного поливу та користування електронними пристроями виявлено, що дотримання мінімальних вимог безпеки є важливим аспектом. Ці вимоги включають щоденне очищення екранних пристроїв перед початком роботи, відключення їх від електричної мережі після завершення роботи та негайне відключення у разі аварійної ситуації. Додатково, екранні пристрої мають забезпечувати стабільне зображення без миготінь, зводити випромінювання до безпечного рівня та бути придатними для регулювання яскравості та контрастності символів. Важливо також дотримуватися правил, щоб не нашкодити здоров'ю працівника, зокрема уникати обслуговування, ремонту та налагодження екранних пристроїв під час роботи з ними, не вимикати захисні пристрої та не змінювати їх конструкцію без необхідності.

Мінімальними вимогами до безпеки під час роботи з екранними пристроями: необхідно щоденно очищати екранні пристрої від пилу та інших забруднень перед початком роботи, після завершення роботи екранні пристрої потрібно вимикати від мережі електричного живлення. У разі виникнення аварійної ситуації необхідно терміново вимкнути пристрій з електричної мережі.

Все випромінювання, крім видимої частини електромагнітного спектра, повинно бути мінімізовано з точки зору безпеки та охорони здоров'я працівників. Зображення на екрані повинно бути стійким, без миготінь або нестабільності. Яскравість та контрастність символів повинні бути легко регульованими працівником під час використання екранних пристроїв і швидко адаптуватися до зовнішніх умов. Екрани не повинні відблискувати або відбивати світло, що може спричинити дискомфорт працівникам під час користування ними.

Для забезпечення безпеки та захисту здоров'я оператора в приміщенні необхідно дотримуватися певних правил: уникати обслуговування, ремонту та налагодження екранних пристроїв безпосередньо на робочому місці працівника,

151 «Автоматизації та комп'ютерно інтегровані технологій»  
Автоматизація процесу краплинного поливу

коли він з ними працює; не вимикати захисні пристрої; утримуватися від самовільних змін у конструкції та складі екранних пристроїв; не працювати з екранними пристроями, які виявляють нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані або інші несправності. Головна мета цих правил полягає в запобіганні будь-яким можливим ризикам для здоров'я та життя працівника, який працює з екранними пристроями.

### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Законодавство України про охорону праці: Збірник нормативних документів у 4 т. К.: Держнаглядохоронпраці; Основа, 2006 р
2. Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями: URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>. (дата звернення: 19.11.2022).
3. Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин: URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0382-99>. (дата звернення: 19.11.2022).
4. ДСТУ 2293-99 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Київ 1999 р.
5. Москальова В. М. Основи охорони праці. Підручник. Київ: ВД Професіонал, 2005. 666 с.
6. Гандзюк М. П., Желібо Е. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці / За ред. Гандзюка М. П. К.: Каравела 2003 405 с.
7. Ткачук К. Н., Халімовський М. О., Зацарний В.В., та інші. Основи охорони праці: Підручник. К.: Основа, 2006. 444 с.
8. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів: УАД, 2006. 336 с.
9. Державні санітарні правила і норми роботи з ВДТ ЕОМ ДСанПІН 3.3.2.007-98 URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (дата звернення: 11.08.2022).
10. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення: URL: [http://interiorfor.com/wp-content/uploads/2017/01/Zm2\\_DBN-V.2.5-28-2006\\_uk.pdf](http://interiorfor.com/wp-content/uploads/2017/01/Zm2_DBN-V.2.5-28-2006_uk.pdf). (дата звернення: 19.11.2022).
11. ДБН В.2.2-28:2010 Адміністративні і побутові будівлі URL : <https://armis.com.ua/blog/library/dbn/196-dbn-v-2-2-28-2010>. (дата звернення: 19.11.2022).

151 «Автоматизації та комп'ютерно інтегровані технологій»  
Автоматизація процесу краплинного поливу

12. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: URL: [https://dnaop.com/html/34094/doc\\_-ДСН\\_3.3.6.042-99](https://dnaop.com/html/34094/doc_-ДСН_3.3.6.042-99). (дата звернення: 19.11.2022).

13. ГОСТ 12.1.005-88.ССБП: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608>. (дата звернення: 19.11.2022).

14. СН 4088-86. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень URL: <http://docs.cntd.ru/document/901710059>. (дата звернення: 19.11.2022).

15. Санітарно–гігієнічні норми №2152-80: URL: [https://dnaop.com/html/2296/doc\\_-ГН\\_2152-80](https://dnaop.com/html/2296/doc_-ГН_2152-80). (дата звернення: 19.11.2022).

16. СН 4557-88. Санітарні норми ультрафіолетового випромінювання URL: [https://dnaop.com/html/2299/doc\\_-СН\\_4557-88](https://dnaop.com/html/2299/doc_-СН_4557-88). (дата звернення: 19.11.2022).

17. СН 3044-84. Санітарні норми вібрації робочих: URL: [https://dnaop.com/html/43248/doc\\_-ДНАОП\\_3044-84](https://dnaop.com/html/43248/doc_-ДНАОП_3044-84) - Загол. з екрану.

18. ГОСТ 12.1.012-90. Вібраційна безпека. Загальні вимоги: URL: [https://dnaop.com/html/1602/doc\\_-ГОСТ\\_12.1.012-90](https://dnaop.com/html/1602/doc_-ГОСТ_12.1.012-90). (дата звернення: 19.11.2022).

19. Правила пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом МНС України від 19.10.2004 № 126, зареєстрованих в Міністерстві юстиції України 4.11.2004 за № 1410/10009 (НАПБ А.01.001 -04).

20. Про затвердження санітарного та епідемічного благополуччя населення: URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/4004-12>. (дата звернення: 19.11.2022).