

Міністерство освіти і науки України

Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Відділення інформаційних технологій, менеджменту, туризму
та підготовки іноземних громадян

(назва відділення)

Циклова комісія комп'ютерної інженерії

(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

фахового молодшого бакалавра

(освітньо-професійного ступеня)

на тему: **Розробка автоматизованої системи захисту від затоплення зі
сповіщенням та перекриванням води**

Виконав: студент IV курсу, групи KI-412

Спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Андрій СИПЕНЬ

(ім'я та прізвище)

Керівник

Ростислав ДЗЮБАТИЙ

(ім'я та прізвище)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

**ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ»**

Відділення **інформаційних технологій, менеджменту, туризму
та підготовки іноземних громадян**

Циклова комісія **комп'ютерної інженерії**

Освітньо-професійний ступінь **фаховий молодший бакалавр**

Освітньо-професійна програма: **Мікропроцесорні системи**

Спеціальність: **123 Комп'ютерна інженерія**

Галузь знань: **12 Інформаційні технології**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії
комп'ютерної інженерії

Андрій ЮЗЬКІВ

“30” березня 2026 року

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

Сипень Андрію Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи: **Розробка автоматизованої системи захисту від
затоплення зі сповіщенням та перекриванням води**

керівник роботи **Дзюбятий Ростислав Васильович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Відокремленого структурного підрозділу «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя» від 27.03.2026р № 4/9-167.

2. Строк подання студентом роботи: **15 червня 2026 року**.

3. Вихідні дані до роботи: технічне завдання; параметри контрольованого середовища; datasheets елементної бази (мікроконтролерна плата Arduino, ультразвуковий датчик відстані HC-SR04, модуль реле, кроковий двигун, світлодіоди, зумер); стандарти ЄСКД (ДСТУ ГОСТ 2.701:2008, 2.702, 2.710); середовище симуляції Tinkercad.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Загальний розділ. Розробка технічного та робочого проекту. Спеціальний розділ. Економічна частина. Охорона праці, техніка безпеки та екологічні вимоги.

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

- Структурна схема;
- Функціональна схема;
- Блок схема алгоритму;

- перелік елементів
- таблиця техніко-економічних показників.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічний розділ	Богдана МАРТИНЮК викладач		
Охорона праці та безпека життєдіяльності	Володимир ШТОКАЛО викладач		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	31.03	
2	Збір і узагальнення інформації	08.05	
3	Написання першого розділу	15.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту	22.05	
5	Написання спеціального розділу	28.05	
6	Розрахунок економічної частини	1.06	
7	Написання розділу охорони праці	3.06	
8	Виконання графічної частини	8.06	
9	Оформлення проєкту	10.06	
10	Погодження нормоконтролю	11.06	
11	Попередній захист роботи	12.06	
12	Захист кваліфікаційної роботи		

7. Дата видачі завдання: 31 березня 2026 року

Студент

(підпис)

Андрій СИПЕНЬ
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Ростислав ДЗЮБАТИЙ
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Сипень А.Р. Розробка автоматичної системи захисту від затоплення із сповіщенням та автоматичним перекриванням води: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-професійного ступеня фахового молодшого бакалавра, за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2025. – 70 с.

Метою роботи є розробка надійної та доступної автоматичної системи захисту від затоплення, здатної своєчасно виявляти витік води, сповіщати користувача та вживати заходів для запобігання аварії. Проаналізовано технічне завдання й існуючі аналоги, обґрунтовано вибір елементної бази на основі мікроконтролера Arduino, ультразвукового датчика відстані HC-SR04, модуля реле та крокового двигуна (або іншого виконавчого механізму для перекривання води). Розроблено структурну та функціональну схеми, описано алгоритм роботи системи. Реалізовано програмне забезпечення для мікроконтролера та проведено моделювання роботи пристрою в симуляторі Tinkercad. Наведено оцінку ринку та маркетингову стратегію.

Кваліфікаційна робота містить пояснювальну записку обсягом 32 аркуші, що включає таблиці та рисунки (згідно з вашими фактичними даними).

Ключові слова: мікроконтролер, Arduino, захист від затоплення, сповіщення, перекривання води, ультразвуковий датчик, HC-SR04, реле, кроковий двигун, Tinkercad.

ANNOTATION

Sypen A.R. Development of an automatic flood protection system with notification and automatic water shutoff: qualifying paper for obtaining the educational-professional degree of professional junior bachelor, specialty 123 Computer Engineering. Ternopil: Separate Structural Unit "Ternopil Vocational College of TNTU", 2025. – 70 p.

The aim of the work is to develop a reliable and affordable automatic flood protection system capable of timely detecting water leaks, notifying the user, and taking actions to prevent accidents. The technical specifications and existing analogues were analyzed, and the choice of component base was justified based on the Arduino microcontroller, HC-SR04 ultrasonic distance sensor, relay module, and stepper motor (or other actuating mechanism for water shutoff). Structural and functional diagrams were developed, and the system operation algorithm was described. Software for the microcontroller was implemented, and the device operation was simulated in Tinkercad. A market assessment and marketing strategy are provided.

The qualifying paper contains an explanatory note of 32 pages, including tables and figures.

Keywords: microcontroller, Arduino, flood protection, notification, water shutoff, ultrasonic sensor, HC-SR04, relay, stepper motor, Tinkercad.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	9
1.1 Обґрунтування актуальності теми кваліфікаційної роботи	9
1.2 Аналітичний огляд існуючих рішень	11
2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЕКТУ	14
2.1 Аналіз технічного завдання	14
2.2 Розробка алгоритму роботи системи.....	26
2.3 Моделювання роботи системи	30
2.4 Написання текстів програми.....	33
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	40
3.1 Розробка інструкції з експлуатації електронного пристрою	40
3.2 Розробка методики перевірки функціонування пристрою	42
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	45
4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР	45
4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи .	49
4.3 Розрахунок матеріальних витрат	50
4.4 Розрахунок витрат на електроенергію	51
4.5 Визначення транспортних затрат	51
4.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань	52
4.7 Обчислення накладних витрат	52
4.8 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР	52
4.9 Розрахунок ціни НДР	53
4.10 Визначення економічної ефективності і терміну окупності	54

					2026.КВР.123.4 12.12.00.00 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	А.СИПЕНЬ				Розробка автоматизованої системи захисту від затоплення зі сповіщенням та перекриванням води Пояснювальна Записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Р.ДЗЮБАТИЙ						5	70
						ВСП ТФК ТНТУ КІ-412 м. Тернопіль		
Н. контр.	А.ЮЗЬКІВ							
Затв.								

5 ОХОРОНА ПРАЦІ, ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ 56

5.1 Технічні заходи електробезпеки при монтажі системи захисту від
затоплення в умовах серверних приміщень 56

5.2 Санітарно-гігієнічні вимоги до експлуатації автоматизованих систем
контролю протікання води 58

5.3 Планування та контроль за виконанням заходів із безпеки праці під час
обслуговування системи захисту від затоплення 59

ВИСНОВКИ 63

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 65

ДОДАТОК А

ВСТУП

У сучасному світі зростає потреба у створенні розумних систем, що забезпечують безпеку та автоматизацію побутових і промислових процесів. Однією з найпоширеніших загроз для майна є затоплення, яке може призвести до значних матеріальних збитків та вимагає негайної реакції. Своєчасне виявлення води та оповіщення про її появу є критично важливим для мінімізації наслідків. У даній роботі розглядається розробка системи автоматичного захисту від затоплення із сповіщенням, побудованої на базі платформи Arduino Uno із використанням ультразвукового датчика, зумера та реле для керування виконавчими пристроями (наприклад, DC-мотором для перекриття води).

Метою роботи є створення пристрою, який автоматично виявляє підвищення рівня води (затоплення) та активує звукове сповіщення, одночасно приводячи в дію виконавчий механізм (наприклад, перекриває водопостачання або відкачує воду). Принцип роботи системи ґрунтується на постійному вимірюванні відстані до поверхні за допомогою ультразвукового датчика HC-SR04. Коли виміряна відстань до поверхні води падає нижче певного заданого порогу, це свідчить про підвищення рівня води (затоплення). У такому випадку система активує пасивний зумер для звукового сповіщення та надсилає сигнал до іншої плати Arduino, яка керує реле, що, у свою чергу, вмикає DC-мотор. При поверненні рівня води до норми, зумер вимикається, а мотор зупиняється.

В основі проекту лежать апаратні компоненти: дві плати Arduino Uno, ультразвуковий датчик HC-SR04 для безконтактного вимірювання відстані, пасивний зумер для звукової індикації, а також реле для керування потужним DC-мотором. Для взаємодії між двома Arduino платами використовується простий цифровий сигнал. Завдяки використанню Arduino, система є гнучкою, масштабованою та може бути адаптована для роботи з різними типами датчиків, виконавчих механізмів або для інтеграції до складніших систем розумного будинку.

Розроблена система має практичне застосування у побуті (підвали, ванні

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кімнати, кухні), офісах, серверних, а також у промисловості. Вона дозволяє запобігти значним збиткам від затоплення, забезпечуючи швидке реагування та оповіщення без необхідності постійного людського контролю. Додатково, у роботі розглядаються принципи безпечного підключення низьковольтних керуючих пристроїв (Arduino) до високовольтних чи сильнотрумових виконавчих механізмів (DC-мотор через реле).

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Обґрунтування актуальності теми кваліфікаційної роботи

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка та реалізація системи автоматичного захисту від затоплення із звуковим сповіщенням та активацією виконавчого механізму на базі мікроконтролерів Arduino Uno. Система призначена для виконання наступних функцій:

- Безперервне вимірювання рівня води за допомогою ультразвукового датчика.
- Виявлення перевищення критичного рівня води (затоплення). Активація звукової сигналізації (зумера) при виявленні затоплення. Надсилання сигналу до окремої Arduino для керування виконавчим механізмом (DC-мотор через реле).
- Деактивація сигналізації та виконавчого механізму при поверненні рівня води до норми.

Дана система складається з двох плат Arduino Uno, кожна з яких виконує свою частину функціоналу та взаємодіє між собою.

Складові системи:

- Arduino Uno (1) – Нижня плата: Центральний елемент, що відповідає за зчитування даних з ультразвукового датчика, обробку їх, активацію зумера та надсилання керуючого сигналу до Arduino Uno (2).
- Arduino Uno (2) – Верхня плата: Приймає керуючий сигнал від Arduino Uno (1) та відповідає за керування реле, яке вмикає або вимикає DC-мотор. Ультразвуковий датчик HC-SR04 — сенсор для безконтактного вимірювання відстані до поверхні води.
- Пасивний зумер — елемент звукової індикації, що сповіщає про затоплення.
- Реле — електромеханічний перемикач, що дозволяє комутувати електричне коло DC-мотора за допомогою низьковольтного керуючого сигналу від Arduino Uno (2).

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- DC-мотор — виконавчий механізм, який активується при затопленні (наприклад, для перекриття води або включення насоса). Живиться від окремого джерела (9В батареї) через реле.
- Джерело живлення (9В батарея) — для живлення DC-мотора через реле.

ПОРЯДОК ФУНКЦІОНУВАННЯ

Ультразвуковий датчик HC-SR04, підключений до Arduino Uno (1), постійно вимірює відстань до поверхні води. Якщо виміряна відстань падає нижче за заданий поріг (що свідчить про підвищення рівня води та потенційне затоплення), Arduino Uno (1) активує пасивний зумер, створюючи звукове сповіщення. Одночасно Arduino Uno (1) надсилає цифровий сигнал (HIGH) на вхідний пін Arduino Uno (2).

При отриманні сигналу HIGH, Arduino Uno (2) активує реле. Це реле замикає електричне коло, що живить DC-мотор від окремої 9В батареї, приводячи мотор в дію. Таким чином, система автоматично реагує на затоплення звуковим сигналом та активацією механізму.

При поверненні рівня води до норми (відстань від датчика до поверхні води стає більшою за поріг), Arduino Uno (1) вимикає зумер та надсилає сигнал LOW до Arduino Uno (2). Arduino Uno (2), у свою чергу, деактивує реле, що призводить до зупинки DC-мотора.

Проблеми та їх вирішення за допомогою даного проєкту:

Проблема: Несвоєчасне виявлення затоплення та, як наслідок, значні матеріальні збитки.

Суть проблеми: Витік води може залишатися непоміченим протягом тривалого часу, особливо у відсутність господарів, що призводить до руйнування майна, електричних пошкоджень та поширення вологи.

Рішення за допомогою системи: Ультразвуковий датчик безперервно моніторить рівень води. При його підвищенні система миттєво активує звукову сигналізацію та вмикає виконавчий механізм (наприклад, для перекриття водопостачання), мінімізуючи час впливу води та потенційні збитки.

Проблема: Відсутність автоматичного реагування на надзвичайні ситуації з

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

водою.

Суть проблеми: Навіть при виявленні витoku, ручне перекриття води або активація насоса може зайняти час, особливо якщо джерело витoku невідоме або недоступне.

Рішення за допомогою системи: Інтеграція виконавчого механізму (DC-мотора) дозволяє автоматично вжити заходів реагування, таких як закриття клапана або включення насоса для відкачування води, без прямої участі людини. Це забезпечує швидкий та ефективний захист.

1.2 Аналітичний огляд існуючих рішень

Перш ніж розпочати розробку, проведемо аналіз наявних підходів до захисту від затоплень. Умовно їх можна поділити на чотири категорії.

Ручне реагування (традиційний контроль). Найпростіший варіант, коли людина візуально контролює рівень води в піддоні чи на підлозі та самостійно перекриває кран або вичерпує рідину. Переваги: нульові початкові витрати на автоматику. Недоліки: висока трудомісткість, людський фактор (ризик пропустити аварію), неможливість залишити приміщення без нагляду на тривалий час.

Таймерне управління або прості датчики без сигналізації. Застосування електромеханічних реле часу для періодичного відкачування води або базових поплавкових вимикачів. Переваги: дешевизна. Недоліки: відсутність гнучкості, неможливість дистанційного контролю, відсутність звукового сповіщення про аварію.

Комерційні системи промислового класу (наприклад, системи диспетчеризації Honeywell, Danfoss). Повнофункціональні професійні комплекси для великих об'єктів. Переваги: висока надійність, інтеграція в «розумний дім» чи промислову автоматику. Недоліки: надмірно висока вартість (від тисяч до десятків тисяч доларів), що робить їх недоцільними для побутового використання в невеликих приміщеннях.

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Готові системи захисту від протікань (побутові системи «Антипотоп» / «Аквастоп»): Комерційні рішення, що складаються з електронного модуля керування, дротових або бездротових датчиків присутності води та кульових кранів з електроприводом (наприклад, системи типу Neptun, Hidrolock або комплекси, що пропонуються компанією Romstal).

Переваги: висока заводська готовність, надійність перекривання магістралі за лічені секунди, наявність сертифікатів безпеки, автономне живлення.

Недоліки: висока вартість готового комплексу, прив'язка до стандартизованих розмірів запірної арматури (труднощі монтажу в нестандартних місцях), закрита архітектура (неможливість легко змінити логіку роботи або додати нестандартні сенсори без втручання в оригінальну плату).

На рисунку 1.3 — Комерційна побутова система захисту від потопу (Romstal / Антипотоп)



Рисунок 1.3- Зображення системи захисту від затоплення(Антипот)

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що оптимальним рішенням для реалізації власних інженерних завдань є розробка власної дворівневої сигнально-захисної системи на базі мікроконтролерів Arduino. Така система поєднує безконтактний ультразвуковий метод виявлення аварії (що є

більш гігієнічним та довговічним порівняно з електродами, що окислюються), доступну вартість компонентів, повноцінну звукову сигналізацію та можливість прямого керування виконавчими механізмами без прив'язки до дорогого комерційного обладнання.

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЕКТУ

2.1 Аналіз технічного завдання

Проектування функціональної схеми виконується відповідно до технічного завдання. Цей процес полягає у переході від структурної моделі до схемотехнічної реалізації з урахуванням вимог як технічного характеру, так і специфіки функціонування окремих компонентів, що визначаються розробником. Запропонована система базується на використанні керуючих модулів – двох мікроконтролерних платформ Arduino Uno, що взаємодіють між собою.

Мікроконтролерна плата Arduino Uno

Мікроконтролерна плата Arduino Uno сконструйована на основі мікросхеми ATmega328P і оснащена 14 цифровими входами/виходами (з яких 6 можуть використовуватись як ШІМ-виходи), 6 аналоговими входами, кварцовим генератором на 16 МГц, USB-інтерфейсом, роз'ємами живлення та ICSP, а також кнопкою скидання. Платформа підтримує живлення як від USB-порту, так і від зовнішнього джерела (адаптер або батарея).

На рисунку 2.1 наведено умовне графічне позначення плати Arduino Uno.



Рисунок 2.1 – Умовне графічне позначення Arduino Uno R3

На рисунку 2.2 представлено зовнішній вигляд плати Arduino Uno.

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд плати Arduino Uno.

Виводи плати Arduino Uno:

Живлення: Vcc, GND;

Цифрові входи/виходи: пін № 1–16; Аналогові входи: пін № 19–24;

Спеціалізовані виводи для взаємодії з LCD-дисплеєм: пін № 27, 28 (даний проєкт не використовує LCD, тому ці виводи можуть бути вільними).

Основні технічні параметри плати Arduino Uno подано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні параметри Arduino Uno.

Параметр	Значення
1	2
Мікроконтролер	ATmega328P
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12 В
Вхідна напруга (гранична)	6-20 В
Робоча напруга	5 В
Аналогові входи	6
Цифрові входи	14 (6 з яких – ШІМ)
ОЗУ	2 Кб (ATmega328P)
EEPROM	1 Кб (ATmega328P)

Продовження таблиці 2.1

1	2
Тактова частота	16 МГц
Інтерфейси	UART, SPI, I ² C
Пам'ять Flash	32 КБ
Порт підключення до ПК	USB Type-B

Платформа Arduino Uno здатна функціонувати в межах вхідної напруги від 6 до 20 В. Однак використання напруги менше ніж 7 В може призвести до зниження напруги на виводі 5V, що, у свою чергу, викликає нестабільну роботу пристрою. При подачі напруги вище 12 В можливе перегрівання вбудованого стабілізатора напруги, що може призвести до пошкодження плати. З метою забезпечення стабільної роботи та довговічності пристрою рекомендовано використовувати джерело живлення у межах від 7 В до 12 В.

Цифрові виводи плати Arduino Uno можуть бути запрограмовані як входи або виходи з використанням вбудованих функцій середовища програмування Arduino: pinMode() – для задання режиму роботи виводу, digitalWrite() – для встановлення логічного рівня (HIGH/LOW), digitalRead() – для зчитування логічного стану виводу. Ці виводи працюють при логічному рівні 5 В.

На рисунку 2.3 зображено позначення виводів плати Arduino Uno.

Технічний опис мікроконтролера Atmega328P

Atmega328P – це високопродуктивний 8-бітний мікроконтролер з низьким енергоспоживанням, розроблений на основі прогресивної архітектури AVR (PDIP). Контролер забезпечує баланс між функціональністю, енергоефективністю та надійністю, що робить його ідеальним для вбудованих систем, зокрема у складі плати Arduino Uno.

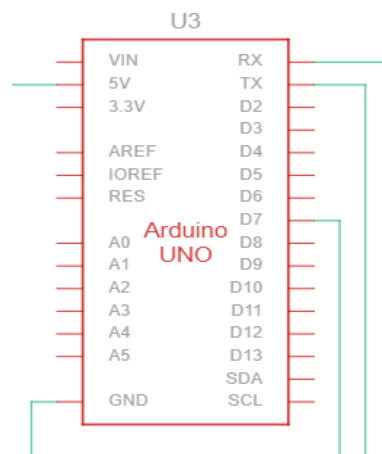


Рисунок 2.3 – Позначення виводів плати Arduino Uno.

Основні характеристики:

- Висока продуктивність при низькому енергоспоживанні. Повністю статичний режим роботи.
- До 131 інструкції з розширеним набором функцій.
- 32 x 8-бітні універсальні регістри загального призначення. Пропускна здатність до 20 MIPS при тактовій частоті 20 МГц. Пам'ять:
- Flash-пам'ять: до 10 000 циклів запису/стирання.
- EEPROM: до 100 000 циклів запису/стирання.
- Термін зберігання даних: до 20 років при температурі 85 °С. До 100 років при температурі 25 °С.

Периферія:

- Таймери/лічильники: 2 × 8-бітні з роздільними прескалерами та режимами порівняння; 1 × 16-бітний таймер із підтримкою порівняння.
- АЦП (аналогово-цифровий перетворювач): 6-канальний 10-бітний (у PDIP корпусі); 8-канальний 10-бітний (у TQFP та QFN/MF корпусах).
- ШІМ (широтно-імпульсна модуляція): до 6 незалежних каналів.

Спеціальні функції:

- Автоматичне скидання при включенні живлення (Power-on Reset).
- Внутрішній калібрований генератор частоти.
- Зовнішні та внутрішні джерела переривань. Підтримка енергозберігаючих режимів.

Входи/виходи:

- 23 програмованих лінії введення/виведення. Споживання енергії:
- Активний режим: $\sim 0,3$ мА. Режим очікування: $\sim 0,1$ мА.
- Режим збереження енергії з RTC: $\sim 0,8$ мкА.

У даному проєкті в якості сенсора рівня води використовується ультразвуковий датчик HC-SR04. Він дозволяє безконтактно вимірювати відстань до об'єкта (в даному випадку, до поверхні води) за допомогою ультразвукових хвиль. Датчик має два основних піна – Trig (для надсилення ультразвукового імпульсу) та Echo (для прийому відбитого імпульсу). Час, за який ультразвук проходить від датчика до об'єкта і назад, використовується для розрахунку відстані.

На рисунку 2.4 зображено умовне позначення ультразвукового датчика HC-SR04 на графічній схемі.



Рисунок 2.4 - Умовне позначення ультразвукового датчика HC-SR04 на графічній схемі.

На рисунку 2.5 зображено зовнішній вигляд ультразвукового датчика HC-SR04.

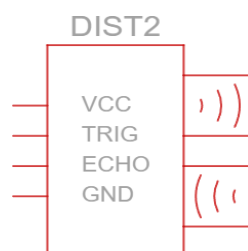


Рисунок 2.5 - Зовнішній вигляд ультразвукового датчика HC-SR04.

На рисунку 2.6 зображено підключення ультразвукового датчика HC-SR04 до Arduino Uno.

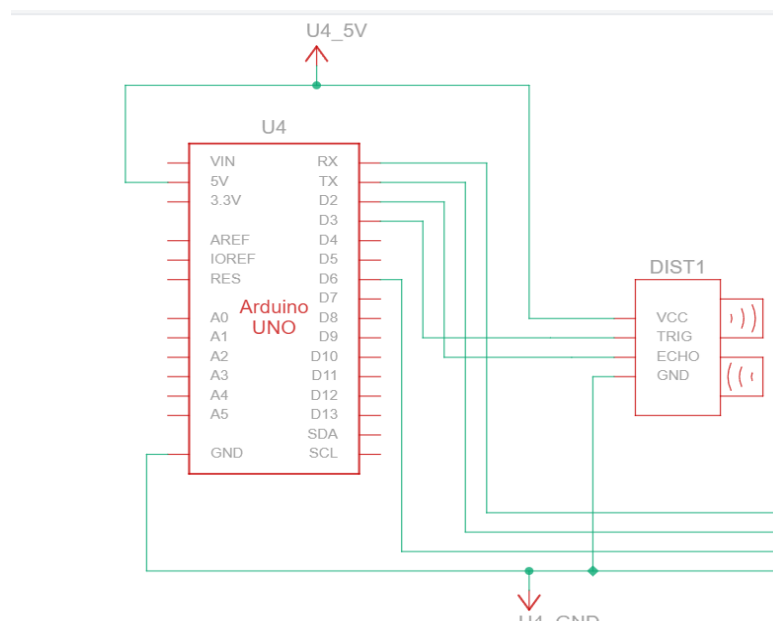


Рисунок 2.6 - Підключення ультразвукового датчика HC-SR04 до Arduino Uno.

Пасивний зумер

Для звукового оповіщення в проєкті використовується пасивний зумер. На відміну від активного, пасивний зумер потребує подачі змінної частоти сигналу (через функцію `tone()` Arduino) для відтворення звуку, що дозволяє генерувати різні тони та мелодії.

На рисунку 2.7 зображено зовнішній вигляд пасивного зумера.



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд пасивного зумера.

На рисунку 2.8 зображено умовне графічне позначення пасивного зумера на схемі.

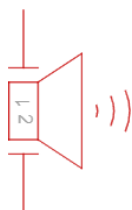


Рисунок 2.8 - Умовне графічне позначення пасивного зумера на схемі.

Реле типу SPDT

У проєкті використовується електромеханічне реле типу SPDT (Single Pole Double Throw) — однополюсне, двопозиційне реле, яке забезпечує перемикання одного спільного контакту між двома незалежними вихідними контактами. Це реле використовується для комутації живлення DC-мотора, оскільки мотор, як правило, вимагає більший струм та напругу, ніж може забезпечити Arduino.

Технічні характеристики:

Напруга керування котушкою: 5 В DC (можливі варіанти: 3.3 В, 12 В). Струм споживання котушки: ~70–100 мА.

Опір котушки: $\approx 70\text{--}80$ Ом (для 5 В реле). Час спрацювання: 10 мс.

Час відпускання: 5 мс.

На рисунку 2.9 зображено зовнішній вигляд реле.



Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд реле типу SPDT.

На рисунку 2.10 зображено умовне графічне позначення реле типу SPDT на

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

схемі.

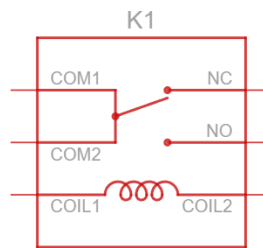


Рисунок 2.10 - Умовне графічне позначення реле типу SPDT на схемі.

Джерело живлення (DC Power Supply)

У проєкті використано стандартне джерело постійного струму (DC Power Supply) у середовищі моделювання Tinkercad (9В батарея).

Воно використовується для забезпечення електроживлення DC-мотора, який керується реле.

Джерело живлення є ключовим елементом електронної схеми, що забезпечує стабільну напругу та струм, необхідні для коректної роботи електронних компонентів.

На рисунку 2.11 зображено зовнішній вигляд джерела живлення (9В батареї).



Рисунок 2.11 – Зовнішній вигляд джерела живлення (9В батареї).

Технічні характеристики джерела живлення (9В батареї):

Тип: Джерело постійного струму (DC Power Supply). Напруга: 9 В.

Тип підключення: Два виходи — позитивний та негативний клеми.

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Призначення: Живлення DC-мотора.

На рисунку 2.12 зображено умовне графічне позначення джерела живлення на схемі.



Рисунок 2.12 - Умовне графічне позначення джерела живлення на схемі.

DC-мотор

У данній кваліфікаційній роботі DC-мотор є основним виконавчим елементом системи захисту від затоплення. Він активується при виявленні затоплення для виконання певної дії, наприклад, для перекриття водопостачання або активації дренажного насоса. Керування мотором здійснюється через реле, яке, у свою чергу, контролюється Arduino.

На рисунку 2.13 зображено зовнішній вигляд DC-мотора.



Рисунок 2.13 – Зовнішній вигляд DC-мотора.

Основні технічні характеристики DC-мотора (для симуляції):

Робоча напруга: 3–9 В постійного струму (залежить від моделі та джерела живлення).

Споживаний струм: залежить від навантаження, але зазвичай 100-300 мА.

Полярність: залежить від напрямку обертання.

Поведінка в системі: Обертається при подачі напруги через реле.

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

На рисунку 2.14 зображено умовне графічне позначення DC-мотора на схемі.

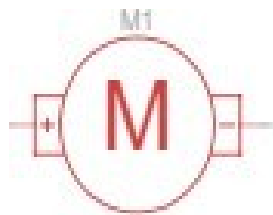


Рисунок 2.14 - Умовне графічне позначення DC-мотора на схемі.

На рисунку 2.15 наведено алгоритм роботи системи



Рисунок 2.15 - ,Алгоритм роботи системи

У таблиці 2.2 зображено позначення елементів на функціональній схемі.

Таблиця 2.2 – Позначення елементів на функціональній схемі

Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
U1	Arduino Uno R3 (Нижня)	1	З датчиком та зумером
U2	Arduino Uno R3 (Верхня)	1	З реле та DC-мотором
S1	Ультразвуковий датчик HC-SR04	1	Датчик рівня води
BZ1	Пасивний зумер	1	Звукове сповіщення
K1	Реле типу SPDT	1	Для керування DC-мотором
M1	DC-мотор	1	Виконавчий механізм
P1	Джерело живлення (9В Батарейка)	1	Для живлення DC-мотора
R1, R2, ...	Резистори	(За потребою)	Для датчика (якщо потрібен)

На рисунку 2.16 зображено умовну графічну схему проекту.

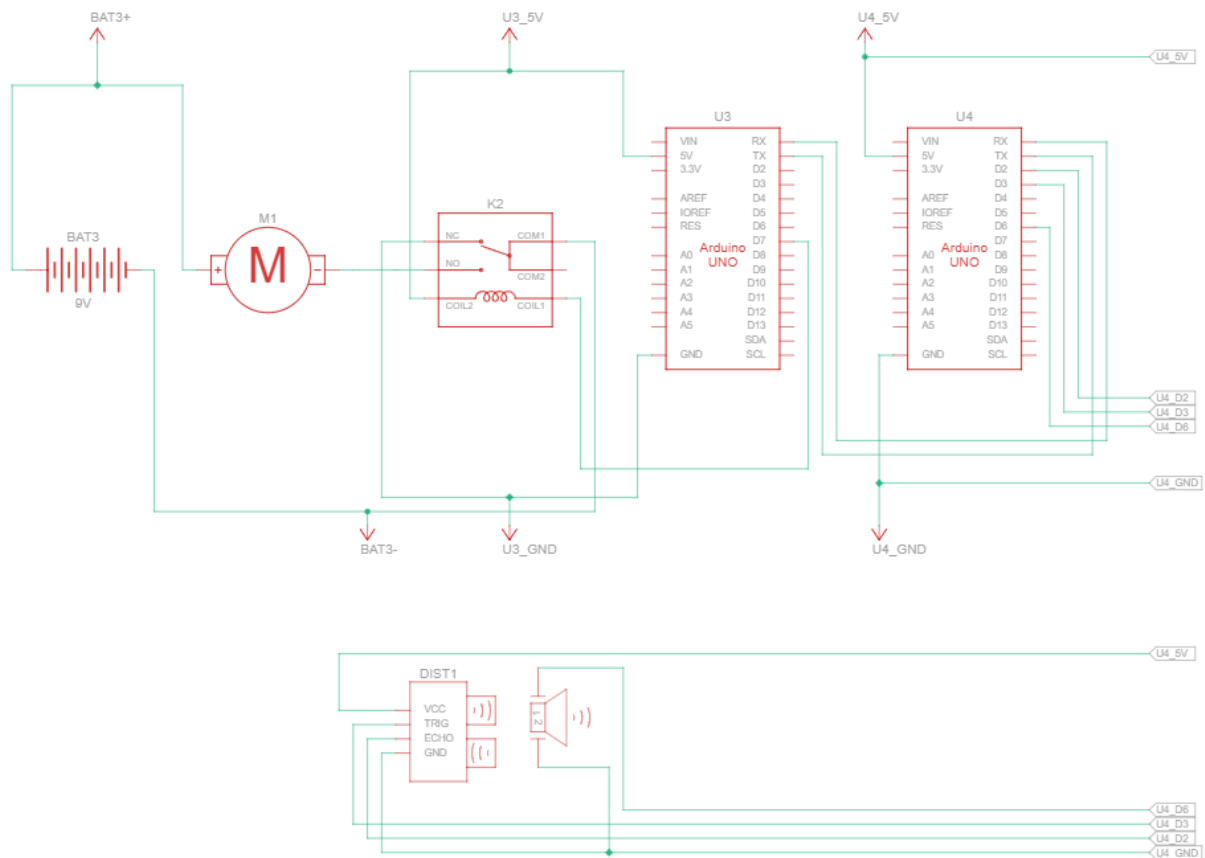


Рисунок 2.16 – Функціональна схема кваліфікаційної роботи.

2.2 Розробка алгоритму роботи системи

Розроблена система автоматичного захисту від затоплення працює на базі двох мікроконтролерів Arduino Uno та керується даними, отриманими з ультразвукового датчика. Основне завдання системи — безперервно моніторити рівень води та активувати сповіщення та виконавчий механізм у випадку виявлення затоплення.

Алгоритм роботи системи:

I. Алгоритм роботи нижньої Arduino (Arduino 1 – Датчик, Зумер, Вихід сигналу):

Ініціалізація компонентів:

- Встановлюються режими роботи пінів: Trig пін як вихідний, Echo пін як вхідний, пін зумера як вихідний, пін для надсилання сигналу до Arduino 2 як вихідний.
- Запускається серійний порт для виведення діагностичної інформації. Зумер вимикається, а сигнал до Arduino 2 встановлюється в LOW. Зчитування даних з ультразвукового датчика:
- В циклі loop() Arduino 1 надсилає короткий ультразвуковий імпульс з Trig піна.
- Вимірюється тривалість повернення відбитого імпульсу на Echo піні. Розраховується відстань до об'єкта (поверхні води) у сантиметрах.
- Отримане значення відстані передається в серійний монітор для спостереження.

Аналіз рівня води:

- Якщо розрахована відстань менша або дорівнює встановленому порогу floodThresholdCm (і відстань > 0 для фільтрації помилкових показань), система розпізнає це як "Затоплення".
- В іншому випадку (відстань більша за поріг), система вважає рівень води "Нормальним".

Управління зумером та сигналом для Arduino 2:

При виявленні "Затоплення":

- Активується пасивний зумер (відтворюється звуковий сигнал).
- Надсилається цифровий сигнал HIGH на вихідний пін (Connected to D7 on Arduino 2).

При "Нормальному" рівні води:

- Зумер вимикається.
- Надсилається цифровий сигнал LOW на вихідний пін.
- Затримка: Після кожного циклу додається невелика затримка для стабільної роботи.
- Повторення циклу.

II. Алгоритм роботи верхньої Arduino (Arduino 2 – Реле, DC-мотор, Вхід

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

сигналу):

- Ініціалізація компонентів:
- Встановлюється режим роботи піна реле як вихідний, пін для прийому сигналу від Arduino 1 як вхідний.
- Запускається серійний порт для виведення діагностичної інформації.
- Реле деактивується (DC-мотор зупиняється) згідно з логікою HIGH_ACTIVATES_RELAY.

Зчитування вхідного сигналу:

- В циклі loop() Arduino 2 зчитує цифровий стан вхідного піна (з'єданого з Digital Pin 10 Arduino 1).
- Стан сигналу виводиться в серійний монітор для налагодження.

Керування реле та DC-мотором:

- Якщо отримано сигнал HIGH (від Arduino 1, що означає "Затоплення"): Реле активується (відповідно до HIGH_ACTIVATES_RELAY), вмикаючи DC-мотор.
- Якщо отримано сигнал LOW (від Arduino 1, що означає "Норма"): Реле деактивується, вимикаючи DC-мотор.

Затримка: Після кожного циклу додається невелика затримка. Повторення циклу.

На рисунку 2.17 зображено блок-схему роботи алгоритму.

- Пояснення принципу роботи алгоритму (блок-схема): Для Arduino 1 (нижньої):
- Старт: Ініціалізація пінів та серійного порту.
- Вимірювання відстані: Циклічно генерується ультразвуковий імпульс, зчитується його відлуння, розраховується відстань.
- Порівняння з порогом: Отримана відстань порівнюється з

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27



Рисунок 2.17 - Блок-схема роботи алгоритму.

- floodThresholdCm.
- Якщо Відстань $\leq$ Поріг ($i > 0$):
- Вмикається зумер (звуковий сигнал).
- Надсилається сигнал HIGH на Digital Pin 10 (для Arduino

2). Якщо Відстань $>$ Поріг (або ≤ 0):

- Вимикається зумер.
- Надсилається сигнал LOW на Digital Pin 10.
- Затримка. Повторення циклу.

Для Arduino 2 (верхньої):

- Старт: Ініціалізація пінів та серійного порту.
- Зчитування сигналу: Циклічно зчитується стан Digital Pin 7 (вхідний сигнал від Arduino 1).
- Порівняння сигналу: Перевіряється, чи є вхідний сигнал HIGH або LOW.

Якщо Сигнал HIGH:

- Реле активується (вмикається DC-мотор).
- Якщо Сигнал LOW:
- Реле деактивується (вимикається DC-мотор).
- Затримка. Повторення циклу.

2.3 Моделювання роботи системи

Для моделювання та тестування розробленої системи автоматичного захисту від затоплення було використано онлайн-симулятор Tinkercad Circuits. Цей інструмент дозволяє створювати інтерактивні електронні схеми, програмувати мікроконтролери (зокрема Arduino), а також перевіряти коректність логіки роботи системи без необхідності у фізичних компонентах.

Tinkercad є безкоштовною веб-платформою, розробленою компанією Autodesk, і має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який підходить як для початківців, так і для досвідчених розробників. Платформа надає доступ до широкого спектра електронних компонентів, таких як резистори, датчики,

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

зумери, реле, двигуни, що використовуються в даному проєкті.

На рисунку 2.18 зображено готову модель проєкту в середовищі Tinkercad.

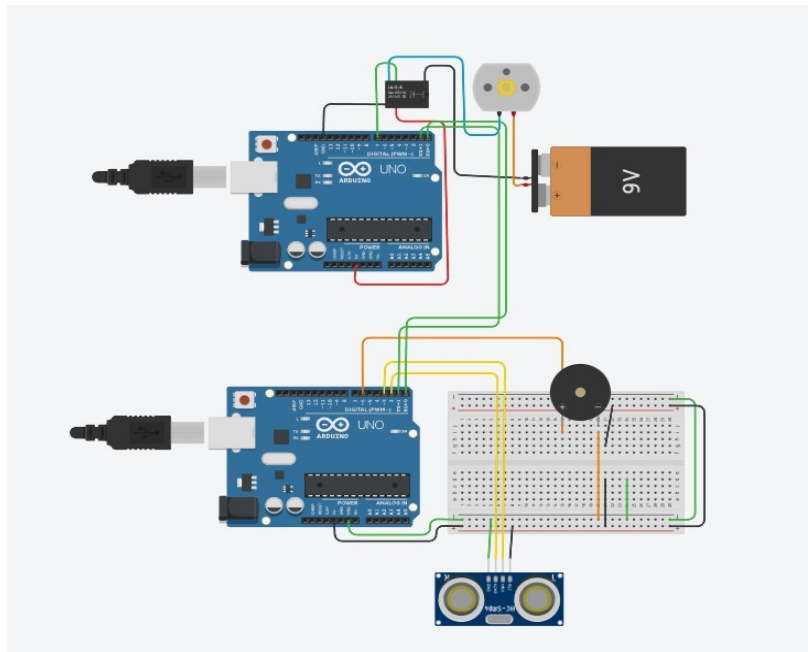


Рисунок 2.18 – Готова модель проєкту в середовищі Tinkercad.

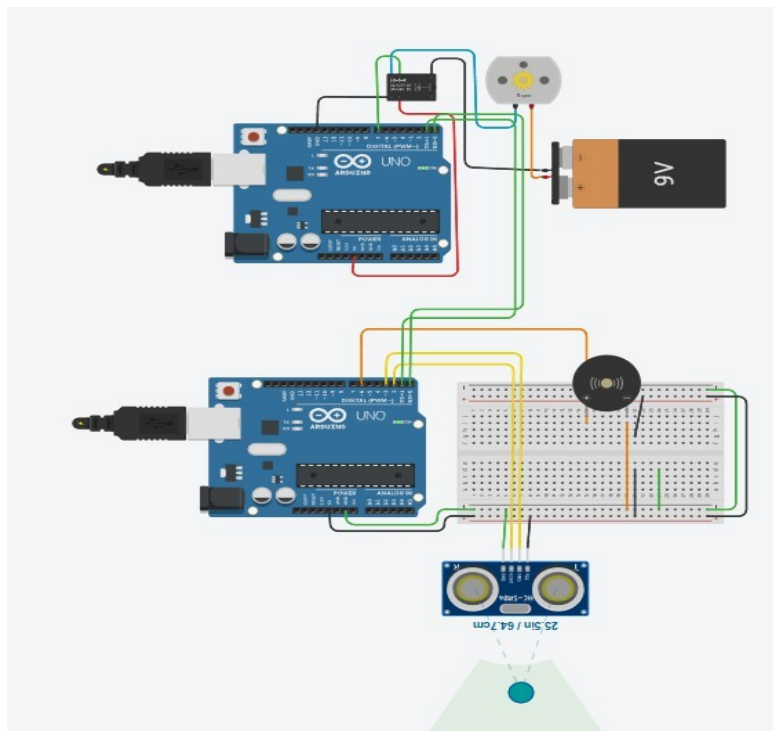


Рисунок 6.2 - Робочий стан системи.

Система була змодельована згідно з функціональною схемою.

Усі основні компоненти було обрано з бібліотеки елементів симулятора Tinkercad Circuits.

На рисунку 2.19 представлено робочий стан системи, що відображається при симуляції.

У даній системі використовуються дві плати Arduino, кожна з яких виконує свою частину функцій.

Нижня Arduino (Arduino 1):

- Приймає дані від ультразвукового датчика HC-SR04, який вимірює відстань до поверхні води.
- Аналізує рівень води та, відповідно до заданого порогу, активує або деактивує пасивний зумер.
- Надсилає цифровий керуючий сигнал (HIGH або LOW) до верхньої Arduino.

Верхня Arduino (Arduino 2):

- Приймає керуючий сигнал від нижньої Arduino.
- Залежно від отриманого сигналу (HIGH або LOW), активує або деактивує реле, яке, у свою чергу, вмикає або вимикає DC-мотор.

Завдяки використанню Tinkercad вдалося успішно перевірити:

- правильність реалізації алгоритму керування;
- коректну взаємодію обох компонентів у рамках багатоплатформенної системи;
- відповідність поведінки системи очікуваним умовам (активація зумера та мотора при виявленні затоплення, їх деактивація при нормальному рівні води).

Результати моделювання підтвердили функціональну спроможність системи автоматичного захисту від затоплення, що дозволяє використовувати її як у навчальних, так і в реальних проєктних задачах.

2.4 Написання текстів програми

Програмне забезпечення розроблено мовою C++ у середовищі Arduino IDE для двох мікроконтролерних плат Arduino. Програма реалізує взаємодію між пристроями за допомогою сигнальної лінії: нижня плата (Arduino 1) відповідає за виявлення аварійної ситуації (затоплення) та генерацію звукового сповіщення, а верхня (Arduino 2) — за комутацію реле та керування виконачим механізмом (DC-мотором / кроковим двигуном).

Нижче наведено реалізацію блоків коду для обох пристроїв.

Програма для Arduino 1 (Нижня плата: виявлення затоплення та сигналізація)

Оголошення виводів і порогів. Номери виводів для ультразвукового датчика, зумера та сигнальної лінії винесено в окремий блок директив, що спрощує конфігурування:

```
// ----- Визначення пінів -----  
const int trigPin = 9;           // Trig пін ультразвукового датчика  
const int echoPin = 8;          // Echo пін ультразвукового датчика  
const int buzzerPin = 2;         // Пін для пасивного зумера (звукова  
сигналізація)  
const int floodSignalOutputPin = 10; // Пін для надсилання сигналу до Arduino  
2  
  
// ----- Налаштування порогів -----  
const int floodThresholdCm = 15; // Поріг відстані в сантиметрах для  
виявлення затоплення  
  
long duration;  
int distanceCm;
```

Блок ініціалізації (setup). Налаштовуються режими роботи виводів

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

(входи/виходи), ініціалізується послідовний порт для налагодження та встановлюється початковий (безпечний) стан системи:

```
void setup() {  
    pinMode(trigPin, OUTPUT);  
    pinMode(echoPin, INPUT);  
    pinMode(buzzerPin, OUTPUT);  
    pinMode(floodSignalOutputPin, OUTPUT);  
  
    Serial.begin(9600); // Ініціалізація послідовного зв'язку  
    Serial.println("Arduino 1: Запуск системи виявлення затоплення.");  
    Serial.print("Поріг затоплення встановлено на: ");  
    Serial.print(floodThresholdCm);  
    Serial.println(" см");  
  
    // Початковий стан: зумер вимкнено, сигнал LOW  
    noTone(buzzerPin);  
    digitalWrite(floodSignalOutputPin, LOW);  
}
```

Головний цикл (loop) та блок виявлення затоплення.

Програмно генерується ультразвуковий сигнал, вираховується відстань до рідини. За умови перевищення порогового значення активується звуковий сигнал («стерео»-зумер) та формується високий рівень напруги для передачі на другу плату. У протилежному випадку система переходить у режим індикації норми:

```
void loop() {  
    // Очистити Trig Pin  
    digitalWrite(trigPin, LOW);  
    delayMicroseconds(2);
```

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

```

// Надіслати імпульс на Trig Pin
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);

// Зчитування тривалості луни
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

// Перетворення часу на відстань у сантиметрах
distanceCm = duration * 0.0343 / 2;

Serial.print("Arduino 1: Відстань: ");
Serial.print(distanceCm);
Serial.println(" см");

// ----- Логіка виявлення та активації -----
if (distanceCm <= floodThresholdCm && distanceCm > 0) {
    // ЗАТОПЛЕННЯ ВИЯВЛЕНО
    Serial.println("Arduino 1: !!! ЗАТОПЛЕННЯ !!! Активація зумера та
надсилення HIGH.");

    // Активація зумера
    tone(buzzerPin, 1000); // Звуковий сигнал частотою 1000 Гц
    delay(500);           // Тривалість звуку 500 мс
    noTone(buzzerPin);    // Зупинити звук
    delay(500);           // Пауза 500 мс

    // Надсилення сигналу HIGH до Arduino 2
    digitalWrite(floodSignalOutputPin, HIGH);

```

```

    } else {
        // НОРМАЛЬНИЙ РІВЕНЬ
        Serial.println("Arduino 1: Нормальний рівень. Зумер вимкнено,
надсилання LOW.");

        // Деактивація зумера та скидання керуючого сигналу
        noTone(buzzerPin);
        digitalWrite(floodSignalOutputPin, LOW);
    }

    delay(200); // Затримка перед наступним вимірюванням
}

```

Програма для Arduino 2 (Верхня плата: приймання сигналу, комутація реле та двигуна)

Блок конфігурації виводів. Задаються піни для керування реле та зчитування стану від нижнього контролера, а також визначається логіка спрацьовування релейного модуля (активація високим або низьким рівнем):

```

// ----- Визначення пінів -----
const int relayControlPin = 6;    // Пін, підключений до керуючого входу реле
const int floodSignalInputPin = 7; // Пін для прийому сигналу від Arduino 1
(з'єднано з Pin 10)

// ----- Налаштування логіки реле -----
const bool HIGH_ACTIVATES_RELAY = true; // true, якщо реле вмикається
від HIGH; false - від LOW

// ----- Визначення пінів -----
const int relayControlPin = 6;    // Пін, підключений до керуючого входу реле
const int floodSignalInputPin = 7; // Пін для прийому сигналу від Arduino 1

```

(з'єднано з Pin 10)

```
// ----- Налаштування логіки реле -----  
const bool HIGH_ACTIVATES_RELAY = true; // true, якщо реле вмикається  
від HIGH; false - від LOW
```

Ініціалізація та головний цикл (setup та loop). Встановлюється початковий вимкнений стан виконавчого пристрою. У циклі відбувається постійне опитування вхідного порту. Залежно від отриманого логічного рівня, контролер активує або деактивує реле, комутуючи живлення двигуна для перекривання води:

```
void setup() {  
    pinMode(relayControlPin, OUTPUT); // Пін реле як вихід  
    pinMode(floodSignalInputPin, INPUT); // Пін прийому сигналу як вхід  
  
    Serial.begin(9600);  
    Serial.println("Arduino 2: Запуск керування реле для DC-мотора.");  
  
    // Початковий стан: реле вимкнено (мотор зупинено)  
    digitalWrite(relayControlPin, HIGH_ACTIVATES_RELAY ? LOW : HIGH);  
    Serial.println("Початковий стан: реле вимкнено (мотор зупинено).");  
}  
  
void loop() {  
    int signalState = digitalRead(floodSignalInputPin); // Зчитування стану  
    сигнального піна  
  
    Serial.print("Arduino 2: Стан вхідного сигналу (Pin 7): ");  
    Serial.println(signalState == HIGH ? "HIGH" : "LOW");  
}
```

```

// ----- Логіка керування реле / DC-мотором -----
if (signalState == HIGH) {
    // Отримано сигнал аварії (затоплення)
    Serial.println("Arduino 2: Отримано сигнал ЗАТОПЛЕННЯ! Вмикаємо
мотор.");
    // Активуємо реле
    digitalWrite(relayControlPin, HIGH_ACTIVATES_RELAY ? HIGH : LOW);
} else {
    // Сигнал у межах норми
    Serial.println("Arduino 2: Отримано сигнал НОРМА. Вимикаємо мотор.");
    // Деактивуємо реле
    digitalWrite(relayControlPin, HIGH_ACTIVATES_RELAY ? LOW : HIGH);
}

delay(100); // Стабілізаційна затримка
}

```

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка інструкції з експлуатації електронного пристрою

Цей розділ містить інструкцію з підготовки, запуску та обслуговування розробленої автоматичної системи захисту від затоплення.

Підготовка до першого запуску. Перед першим увімкненням необхідно переконатися, що всі компоненти під'єднано згідно з принциповою схемою, та перевірити правильність полярності з'єднань. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 (розміщений на нижній платі Arduino 1) слід встановити у контрольованій зоні (наприклад, на підлозі або в піддоні) таким чином, щоб ультразвуковий промінь був спрямований на можливе місце накопичення води, а перед датчиком не було перешкод на відстані, меншій за поріг спрацьовування. Пасивний зумер («стерео»-сигналізація) під'єднується до відповідного цифрового виводу нижньої плати. Сигнальний вивід плати Arduino 1 (пін 10) має бути надійно з'єднаний із вхідним сигнальним піном верхньої плати Arduino 2 (пін 7). Релейний модуль, що комутує живлення виконавчого механізму (DC-мотора / крокового двигуна для перекривання води), підключається до виходу верхньої плати (пін 6). Необхідно перевірити підключення живлення (5V DC) до обох мікроконтролерів.

Запуск та налаштування системи. Після перевірки монтажу на обидві плати подається живлення. Програмне забезпечення, попередньо завантажене в пам'ять мікроконтролерів через середовище Arduino IDE, починає виконуватися автоматично. Нижня плата (Arduino 1) ініціалізує ультразвуковий сенсор і переходить у режим безперервного вимірювання відстані, а верхня плата (Arduino 2) встановлює початковий стан реле (вимкнено). Для відлагодження та контролю працездатності можна під'єднати плати до комп'ютера через USB-порт та відкрити монітор послідовного порту (Serial Monitor) на швидкості 9600 бод для перегляду поточних значень відстані та логічних рівнів сигналів.

Робота системи. У штатному режимі, коли відстань до поверхні води

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

перевищує заданий поріг (наприклад, більше 15 см), ультразвуковий датчик фіксує норму. На сигнальному виході Arduino 1 утримується низький рівень (LOW), зумер вимкнено, а верхня плата (Arduino 2) тримає реле у вимкненому стані (мотор не обертається).

У разі аварійної ситуації (поява води та зменшення відстані до поверхні нижче або рівно 15 см) система реагує миттєво:

- Плата Arduino 1 активує звуковий сигнал (зумер генерує звук частотою 1000 Гц) та встановлює високий логічний рівень (HIGH) на сигнальному виводі, який передається на Arduino 2.
- Плата Arduino 2, зчитавши сигнал HIGH, активує релейний модуль, що призводить до запуску DC-мотора (або іншого механізму) для перекривання водопостачання.

У моніторі порту паралельно виводяться службові повідомлення (наприклад: «!!! ЗАТОПЛЕННЯ !!! Активація зумера та надсилання HIGH» та «Отримано сигнал ЗАТОПЛЕННЯ! Вмикаємо мотор»).

При усуненні витоку води (поверненні показників у норму) зумер вимикається, сигнал скидається на LOW, а двигун зупиняється.

Технічне обслуговування. Щомісячно проводиться візуальний огляд та очищення ультразвукового датчика відстані HC-SR04. Чутливі елементи випромінювача та приймача слід протирати м'якою сухою тканиною або серветкою для видалення пилу чи можливого конденсату, оскільки забруднення можуть призвести до хибних спрацьовувань системи. Також перевіряється стан сигнальної лінії між піном 10 плати Arduino 1 та піном 7 плати Arduino 2 на відсутність перегинів, обривів чи окислення контактів.

Щосезонно, кожні 3 місяці, здійснюється контроль надійності фіксації ультразвукового датчика. Важливо переконатися, що датчик надійно закріплений у контрольованій зоні піддону чи на підлозі і напрямок його ультразвукового променя не змінився. Проводиться перевірка працездатності пасивного зумера та світлодіодної індикації шляхом короткочасного тестування через штучне

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

імітування аварійної ситуації, а також оглядаються кріплення та підключення релейного модуля, що комутує живлення виконавчого механізму двигуна.

Щорічно виконується повна перевірка механічної частини виконавчого пристрою перекривання води, такого як кран, засувка чи клапан, на предмет відсутності заклинювання та плавності ходу. Оцінюється стабільність джерела живлення, що забезпечує безперебійну роботу обох мікроконтролерних плат Arduino. За потреби плати очищаються від пилу за допомогою стисненого повітря або сухої щітки з м'яким ворсом.

У разі виникнення збоїв, нестабільної роботи або помилок, первинну діагностику пристрою слід проводити через монітор послідовного порту Serial Monitor, під'єднавши плати до комп'ютера через USB для зчитування поточних значень відстані та логічних рівнів сигналів.

3.2 Розробка методики перевірки функціонування пристрою

Перевірка розробленої автоматичної системи захисту від затоплення виконується у два етапи: попередня перевірка функціонування у симуляційному середовищі Tinkercad та перевірка взаємодії на реальному обладнанні. Перелік перевірок та очікуваних результатів наведено нижче.

Перший етап — попередня перевірка алгоритмів (симуляція Tinkercad). На цьому етапі перевіряється коректність роботи програмного забезпечення, логіка зчитування даних та взаємодія між мікроконтролерами.

Перевірка ультразвукового датчика відстані HC-SR04. Після запуску симуляції в моніторі послідовного порту (Serial Monitor) на швидкості 9600 бод мають постійно виводитися значення відстані до контрольованої поверхні. Очікуваний результат — коректне відображення відстані в сантиметрах у реальному часі.

Перевірка спрацювання порогового значення. При імітації наближення рідини (зменшення відстані до поверхні до 15 см або менше) в зоні дії датчика, на виводі 1 плати Arduino 1 має фіксуватися перехід у стан аварії.

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Перевірка звукової сигналізації (зумера). При виявленні аварії (відстань ≤ 15 см) на виході плати Arduino 1 активується сигнал для пасивного зумера, який генерує звуковий тон частотою 1000 Гц із відповідною тривалістю та паузами згідно з кодом.

Перевірка передачі сигналу між платами. При настанні затоплення (відстань ≤ 15 см) напруга на виводі 10 плати Arduino 1 повинна перемикатися у високий логічний рівень (HIGH). Відповідно, пін 7 плати Arduino 2 має зчитати цей сигнал як HIGH, що свідчить про успішну комутацію між мікроконтролерами.

Перевірка керування реле та двигуном. Після отримання сигналу HIGH на вході, плата Arduino 2 активує свій керуючий вивід (пін 6), що призводить до спрацьовування релейного модуля та запуску DC-мотора. У моніторі порту другої плати має з'явитися повідомлення: «Отримано сигнал ЗАТОПЛЕННЯ! Вмикаємо мотор».

Перевірка скидання аварії (норми). Якщо відстань до поверхні перевищує 15 см, сигнал на виході Arduino 1 стає низьким (LOW), зумер вимикається, реле на платі Arduino 2 розмикається, а мотор зупиняється.

Другий етап — перевірка на реальному обладнанні. На цьому етапі перевіряється фізична взаємодія зібраних електронних компонентів та їх живлення.

Перевірка цифрових входів та виходів. За допомогою мультиметра вимірюють напругу на сигнальному з'єднанні між платами (пін 10 Arduino 1 та пін 7 Arduino 2): у стані норми вона має становити 0 В (LOW), а при затопленні — близько 5 В (HIGH).

Перевірка працездатності ультразвукового сенсора. Контролюється відсутність перешкод перед модулем HC-SR04 у штатному стані. Проводиться фізичне тестування шляхом піднесення екрануючої поверхні на відстань менше 15 см для підтвердження миттєвої реакції системи (звуку зумера та запуску двигуна).

Перевірка комутації релейного модуля. Візуально та за допомогою звукового клацання реле перевіряється момент перемикання силового кола живлення

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

двигуна при подачі керуючого сигналу.

Перевірка стабільності джерела живлення. Перевіряється напруга живлення (5V DC), яка надходить на обидві плати Arduino. Не повинно бути просадок напруги під час одночасної роботи зумера, реле та двигуна.

Перевірка кабельних з'єднань. Здійснюється тактильний контроль надійності паяних або клемних з'єднань сигнальних ліній та кіл живлення для запобігання хибним спрацьовуванням чи втраті зв'язку між платами.

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Головне завдання економічного розділу кваліфікаційної роботи полягає у проведенні фінансових обчислень, які дозволять оцінити економічну доцільність розробки системи моніторингу мікроклімату та обґрунтувати рішення щодо її подальшого впровадження у роботу.

4.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР

Увесь комплекс робіт із проєктування, складання та програмного забезпечення двопроцесорної мікроконтролерної системи захисту від затоплення належить до категорії науково-дослідних робіт (НДР).

Задля точного планування термінів та оптимізації фінансових витрат технологічний процес розбивається на послідовні та взаємопов'язані стадії.

Організація розробки передбачає залучення трьох категорій виконавців: керівника проєкту, інженера та техніка.

Трудомісткість кожного етапу розраховується в годинах, виходячи з регламентованого обсягу завдань.

Перелік усіх операцій, розподіл обов'язків та тривалість кожної стадії технологічного процесу зведено у таблицю 4.1.

Загальний час виконання операцій технологічного процесу, які були виконані для проєктування автоматичної системи захисту від затоплення, становить 170 годин.

Сумарна трудомісткість була розподілена відповідно до кваліфікації та функціональних обов'язків кожного учасника розробки, що дозволило забезпечити високу якість програмного та апаратного забезпечення системи.

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Таблиця 4.1 – Середній час виконання НДР та стадії технологічного процесу

№ п/п	Назва операції (стадії)	Виконавець	Середній час виконання операції, год.
1	Передпроектний аналіз технічного завдання та вивчення аналогів систем захисту	Керівник проекту	10
2	Проектування функціональної, структурної та принципової схем взаємодії двох Arduino Uno	Інженер	25
3	Програмна розробка апаратної логіки (обробка даних з датчика рівня води, алгоритм захисту)	Інженер	40
4	Розробка протоколу дротового зв'язку між контролерами та налаштування виконавчих модулів (реле/сервопривід)	Інженер	25
5	Фізичний монтаж, паяння компонентів та збирання лабораторного блоку системи	Технік	40
6	Комплексне налагодження, симуляція в Tinkercad та стрес-тестування системи на час реакції	Інженер	20
7	Фінальне оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів	Керівник проекту	10
Разом			170

4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Витрати на оплату праці відображають грошовий еквівалент вартості інтелектуальної та технічної праці, що виплачується задіяним спеціалістам за якісне виконання етапів розробки системи захисту від затоплення. Загальний розмір винагороди залежить від рівня складності проекту, кваліфікації виконавців та фактично відпрацьованого часу.

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Розрахунок основної заробітної плати здійснюється за базовою формулою 4.1:

$$З_{осн.} = T_c \cdot K_r, \quad (4.1)$$

де T_c – погодинна тарифна ставка працівника, грн.; K_r – кількість фактично відпрацьованих годин.

Основна заробітна плата за категоріями виконавців, задіяних у створенні апаратного та програмного забезпечення системи, становить:

Основна заробітна плата за категоріями виконавців становить:

1. Керівник проєкту: $З_{осн1} = 118,50 \cdot 16 = 18896,00$ грн.;
2. Інженер: $З_{осн2} = 98,75 \cdot 104 = 10\,270,00$ грн.;
3. Технік: $З_{осн3} = 72,40 \cdot 40 = 2896,00$ грн.

Сумарна основна заробітна плата за весь обсяг робіт становить:

$$З_{осн} = 1799,20 + 9\,838,40 + 2\,730,00 = 15\,062,00 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата нараховується для покриття витрат на резерв відпусток та преміальні заохочення за успішне впровадження розподіленої архітектури на двох контролерах. Вона приймається у розмірі 15% від суми основної заробітної плати та обчислюється за формулою 4.2:

$$З_{дод.} = З_{осн.} \cdot K_{додл.}, \quad (4.2)$$

де $K_{додл.}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам (приймається на рівні 0,15).

Отже, додаткова заробітна плата по категоріях задіяних працівників становить:

1. Керівник проєкту: $З_{дод1} = 1\,896,00 \cdot 0,15 = 284,40$ грн.;
- Інженер: $З_{дод2} = 10\,270,00 \cdot 0,15 = 1\,540,50$ грн.
2. Технік: $З_{дод3} = 2\,896 \cdot 0,15 = 434,40$ грн.

Сумарна додаткова заробітна плата по проєкту становить:

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Здод} = 269,88 + 1\,475,76 + 409,50 = 2259,40 \text{ грн.}$$

Звідси загальні витрати на оплату праці (Во.п.) визначаються за формулою 4.3:

$$B_{o.p.} = Z_{ocn.} + Z_{дод.}, \quad (4.3)$$

$$B_{o.p.} = 14367,60 + 2155,14 = 17321,30 \text{ грн.}$$

Відрахування на обов'язкові соціальні заходи регулюються чинним законодавством і становлять 22% від сформованого фонду. Сума відрахувань на соціальні заходи обчислюється за формулою 4.4:

$$B_{c.z.} = \text{ФОП} \cdot 0,22, \quad (4.4)$$

де ФОП – фонд оплати праці (що дорівнює загальним витратам Во.п.), грн.

$$B_{c.z.} = 17\,321 \cdot 0,22 = 3810,69 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки витрат на оплату праці та обов'язкових нарахувань зведемо у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Зведені розрахунки витрат на оплату праці

Показник	Керівник проекту	Інженер	Технік	Разом
Тарифна ставка, грн/год	118,5	98,75	72,4	—
К-сть відпр. год	16	104	40	160
Факт. нарах. з/пл, грн	1896	10270	2896	15 062,00
Додатк. з/пл, грн	284,4	1540,5	434,4	2 259,30
Нарахув. на ФОП (22%), грн	479,69	2 598,31	732,69	3 810,69
Всього витрати, грн	2 660,09	14 408,81	4 063,09	21 131,99

Загальні витрати на оплату праці спеціалістів, які забезпечують

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

проектування, програмну реалізацію та монтаж системи захисту від затоплення, з урахуванням єдиного соціального внеску становлять 21 131,99 грн.

4.3. Розрахунок матеріальних витрат

Для створення фізичного прототипу автоматичної системи захисту від затоплення необхідно провести точну калькуляцію витрат на елементну базу.

Ця стаття кошторису охоплює фінансові ресурси на закупівлю мікроконтролерів, сенсорів, виконавчих механізмів та допоміжних монтажних деталей за поточними ринковими цінами.

Відповідно до економічної методики, матеріальні витрати для кожного виду комплектуючих визначаються за формулою 4.5:

$$M_{Bi} = q_i \cdot p_i, \quad (4.5)$$

де q_i – кількість витраченого матеріалу i -го виду; p_i – ціна одиниці i -го виду.

Загальні матеріальні витрати ($З_{м.в.}$) визначаються як сума витрат на всі використані компоненти:

$$З_{м.в.} = \sum M_{Bi}, \quad (4.6)$$

Проведені розрахунки вартості комплектуючих для вашої системи зведено у таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Зведені розрахунки матеріальних витрат

Обладнання	Одиниці виміру	Кількість	Ціна одиниці, грн.	Загальна сума, грн.
1	2	3	4	5
Плата Arduino Uno R3 (Master)	шт.	1	292,4	292,4

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5
Плата Arduino Uno R3 (Slave)	шт.	1	286,5	286,5
Ультразвуковий датчик рівня HC-SR04	шт.	1	74,25	74,25
Модуль реле 5V (SPDT)	шт.	1	58,6	58,6
Сервопривід для крана (MG996R)	шт.	1	152,4	152,4
Звуковий зумер (Active Buzzer)	шт.	1	29,1	29,1
Блок живлення 12V 2A	шт.	1	185,9	185,9
Монтажні матеріали (дроти, корпус, резистори)	комплект	1	178,85	178,85
Разом				1 258,00

Таблиця 4.3 – Зведені розрахунки матеріальних витрат

Загальна сума матеріальних витрат становить 1258,00 грн.

4.4. Розрахунок витрат на електроенергію

Обсяг фінансових витрат на спожиту під час розробки електроенергію обчислюється за допомогою формули 4.7:

$$Z_e = W \cdot T \cdot S, \quad (4.7)$$

де W – сумарна споживана потужність використовуваного обладнання, кВт; T – загальна тривалість експлуатації техніки, год.; S – діючий тариф за одну кіловат-годину електроенергії, грн.

Сумарна потужність комп'ютерного та вимірювального обладнання становить 0,38 кВт, а загальний час виконання всіх етапів проєкту дорівнює 170 годинам. Розрахунок проводиться за тарифом 15,94 грн/кВт·год.

Отже, витрати на забезпечення технологічного процесу електроенергією

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

становлять:

$$З_е = 0,38 \cdot 170 \cdot 15,94 = 1029,72 \text{ грн.}$$

4.5. Визначення транспортних затрат

Транспортні витрати, пов'язані з доставкою необхідних електронних компонентів та корпусних деталей, прогножуються у розмірі 8 % від загальної суми матеріальних затрат. Розрахунок проводиться за формулою 4.8:

$$T_в = З_{м.в.} \cdot 0,08 \dots 0,1, \quad (4.8)$$

де $T_в$ – транспортні витрати, грн; $З_{м.в.}$ – загальні матеріальні витрати (1 258,00 грн); K_t – коефіцієнт транспортних витрат (0,08).

Транспортні витрати для даного проєкту становитимуть:

$$T_в = 1258,00 \cdot 0,08 = 100,64 \text{ грн.}$$

4.6. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Відповідно до класифікації основних засобів, комп'ютерна та офісна техніка віднесена до четвертої групи. Встановлений для неї мінімальний період експлуатації становить 2 роки. Для визначення амортизаційних відрахувань використовуємо формулу 4.9:

$$A = \frac{B_в \cdot H_A}{100\%} \cdot T, \quad (4.9)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн; $B_в$ – балансова вартість обладнання (34 450,00 грн); H_A – норма амортизації (0,04); 150 – середньомісячний фонд робочого часу, год; T – кількість годин роботи (170 год).

Розрахунок амортизації для використаного обладнання:

$$A = 34\,450,00 \cdot 0,04 / 150 \cdot 170 = 1561,73 \text{ грн.}$$

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.7. Обчислення накладних витрат

Накладні витрати враховують видатки на загальне управління та господарське обслуговування розробки.

Залежно від організаційно-правової форми діяльності підприємства, обсяг накладних витрат зазвичай закладається в межах 20–60 % від загального фонду оплати праці (суми основної та додаткової зарплати). Розрахунок здійснюється за формулою 4.10:

$$H_{\text{в}} = B_{\text{о.п.}} \cdot 0,2 \dots 0,6, \quad (4.10)$$

де $H_{\text{в}}$ – накладні витрати, грн; $B_{\text{о.п.}}$ – сумарні витрати на оплату праці (17 321,30 грн).

Підсумкова сума накладних витрат для проєкту становитиме:

$$H_{\text{в}} = 17\,321,30 \cdot 0,3 = 5196,39 \text{ грн.}$$

4.8. Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Кошторис витрат являє собою зведений план усіх фінансових вкладень, необхідних для повноцінної реалізації проєкту розробки автоматичної системи захисту від затоплення.

Результати проведених у попередніх підрозділах розрахунків зведено до таблиці 4.4, де відображено основні статті витрат: оплату праці, відрахування на соціальні заходи, матеріальні витрати, енерговитрати, амортизацію та накладні видатки.

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Таблиця 4.4 – Кошторис витрат НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми	
Витрати на оплату праці (основна і додаткова)		17 321,30	57,61
Відрахування на соціальні заходи		3 810,69	12,68
Матеріальні витрати		1 258,00	4,19
Витрати на електроенергію		969,15	3,22
Транспортні витрати		100,64	0,33
Амортизаційні відрахування		1 561,15	5,2
Накладні витрати		5 196,39	16,77
Собівартість		30 217,32	100

Загальну собівартість (Св) розраховуємо шляхом підсумовування всіх статей витрат за формулою 4.11:

$$C_B = B_{o.n.} + B_{c.z.} + Z_{m.g.} + Z_e + T_g + A + H_g, \quad (4.11)$$

Підставляючи отримані раніше значення, маємо:

$$C_B = 15062,00 + 2259,30 + 3810,69 + 1258,00 + 969,15 + 100,64 + 1561,15 + 5196,39 = 30217,32 \text{ грн.}$$

Таким чином, повна собівартість розробки автоматичної системи захисту від затоплення на базі двох мікроконтролерів Arduino становить 30 217,32 грн.

4.9. Розрахунок ціни НДР

Кінцева прогнозна вартість науково-дослідної роботи визначається на основі повної собівартості з урахуванням планового рівня рентабельності та обов'язкового податку на додану вартість (ПДВ). Розрахунок відпускної ціни здійснюється за формулою 4.12:

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Pi = C_{\text{в}} \cdot (1 + P_{\text{рен}}) \cdot (1 + \text{ПДВ}), \quad (4.12)$$

де $P_{\text{рен}}$ – запланований рівень рентабельності проєкту (приймаємо 30% або 0,3); ПДВ – чинна ставка податку на додану вартість (20% або 0,2).

Підставивши отриману раніше собівартість ($C_{\text{в}} = 30217,32$ грн), отримуємо:

$$\Pi = 27\,256,12 \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 + 0,2) = 42519,55 \text{ грн.}$$

4.10. Визначення економічної ефективності та терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність проєкту визначається через розрахунок чистої теперішньої вартості (ЧТВ) та терміну окупності (Ток). Для розрахунку ЧТВ використовуємо формулу 4.13:

$$\text{ЧТВ} = -K_{\text{в}} + \sum_{i=1}^t \frac{G_{\text{п}}}{(1+i)^t}, \quad (4.13)$$

де $K_{\text{в}}$ – капітальні вкладення (собівартість розробки 30 217,32 грн); $G_{\text{п}}$ – очікуваний річний грошовий потік від впровадження (економія коштів на ремонті, прийнято 18 000,00 грн); i – ставка дисконтування (0,1); t – рік проєкту.

Розрахунок ЧТВ за 3 роки:

$$\text{ЧТВ} = -K_{\text{в}} + \sum_{i=1}^t \frac{G_{\text{п}}}{(1+i)^t}, \quad (4.13)$$

Оскільки $\text{ЧТВ} > 0$, проєкт є економічно доцільним та рекомендованим до впровадження.

де $K_{\text{в}}$ – капітальні вкладення (собівартість розробки 30 217,32 грн); $G_{\text{п}}$ – очікуваний річний грошовий потік від впровадження (економія коштів на

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

ремонті, прийнято 18 000,00 грн); r – ставка дисконтування (0,1); t – рік проєкту.

Розрахунок ЧТВ за 3 роки:

$$\text{ЧТВ} = -30217,32 + 18000/(1+0,1)^1 + 18000 / (1+0,1)^2 + 18000 / (1+0,1)^3 = -30217,32 + 16363,64 + 14876,03 + 13523,66 = 14546,01 \text{ грн.}$$

Термін окупності визначається за формулою 4.14:

$$T_{ок} = T_{пв} + \frac{H_B}{G_{пв}} \quad (4.14)$$

де $T_{пв}$ – період до повного відшкодування витрат, років; H_B – невідшкодовані витрати на початок року, грн; $G_{пв}$ – грошовий потік на початок року, грн.

$$T_{ок} = \frac{30\,217,32}{18\,000,00} = 1,68$$

Таблиця 4.5 – Техніко-економічні показники розробки системи захисту від затоплення

№ п/п	Показник	Значення
1	Собівартість, грн.	30 217,32
2	Плановий прибуток, грн.	16 921,70
3	Ціна, грн.	47 139,02
4	Чиста теперішня вартість, грн.	14 546,01
5	Термін окупності, рік	1,68

Загальна вартість розробленої системи моніторингу становить 47 139,02 грн.
Термін окупності становить 1,7 роки.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

5.1 Технічні заходи електробезпеки при монтажі системи захисту від затоплення

Автоматична система захисту від затоплення являє собою дворівневий технічний комплекс, що інтегрує прецизійну низьковольтну електроніку для збору даних та потужну силову частину для виконання механічних операцій (перекриття водопостачання). Успішна реалізація такого проекту вимагає безкомпромісного дотримання норм електробезпеки, оскільки система оперує як безпечними керуючими сигналами, так і потенційно небезпечною напругою 220 В.

1. Забезпечення електробезпеки низьковольтної керуючої підсистеми

Керуюче ядро системи, побудоване на базі мікроконтролера Arduino Uno, разом із мережею датчиків вологості, функціонує в режимі наднизької напруги (5 В постійного струму).

Відповідність стандартам: Згідно з положеннями ДСТУ 7237:2011, рівень напруги 5 В класифікується як цілком безпечний для людини при дотику, що знімає ризик ураження електричним струмом у разі обслуговування контролера.

Захист від статичної електрики (ESD): Попри низьку напругу, напівпровідникові компоненти мікроконтролера надзвичайно чутливі до впливу електростатичних розрядів. Будь-який накопичений заряд, переданий на виводи Arduino, може призвести до деградації кристала або повного виходу з ладу портів вводу-виводу. Тому монтаж має здійснюватися з використанням антистатичних браслетів, а робоча поверхня — бути заземленою.

Конструктивне виконання: Для ізоляції від зовнішнього середовища керуючий модуль повинен розміщуватися в герметичному діелектричному корпусі з полікарбонату. Полікарбонат не лише забезпечує необхідний ступінь захисту від пилу та вологи, але й слугує діелектричним бар'єром, що виключає випадковий механічний контакт користувача з друкованою платою під час її

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

роботи.

Безпечна інтеграція та комутація силового обладнання

Найбільш критичною ділянкою системи є вузол комутації електромагнітного клапана, що працює під напругою мережі 220 В змінного струму. Надійність цього вузла визначається архітектурою релейного модуля та якістю виконання електричних з'єднань.

Гальванічна розв'язка як фундамент безпеки: З метою запобігання проникненню високої напруги в низьковольтні кола (у випадку аварійного пробігу реле або виникнення електричної дуги), використання оптопар в релейному модулі є обов'язковим. Оптична розв'язка забезпечує передачу сигналу управління за допомогою світлового потоку, створюючи фізичний бар'єр між ланцюгами 5 В та лінією 220 В, що гарантує захист мікроконтролера та персоналу.

Стандартизація монтажних вузлів: Для уникнення нагріву в місцях з'єднань, що може призвести до короткого замикання або загоряння, всі комутації силових дротів повинні виконуватися виключно через надійні гвинтові клемні колодки. Використання скруток категорично заборонено. Всі з'єднання мають бути локалізовані в розподільчому коробі, який відповідає класу захисту IP54 або вище. Це забезпечує надійний захист внутрішніх контактів від попадання крапель води під будь-яким кутом та перешкоджає потраплянню сторонніх предметів.

Контур захисного заземлення (PE): Електромагнітний клапан, що має металевий корпус, потребує обов'язкового приєднання до захисного провідника (PE) мережі живлення. У випадку порушення цілісності ізоляції всередині клапана, потенціал небезпечної напруги буде миттєво відведений на контур заземлення, що спричинить спрацювання пристрою захисного відключення (ПЗВ) або автоматичного вимикача, запобігаючи перенесенню напруги на корпус пристрою.

Цей підхід дозволяє створити систему, яка не лише ефективно виконує свою функцію, але й відповідає сучасним вимогам технічної безпеки, мінімізуючи як ризики для користувача, так і ймовірність виходу обладнання з ладу через

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зовнішні або технічні фактори.

5.2 Санітарно- гігієнічні та експлуатаційні вимоги до системи

Ефективна робота автоматизованої системи захисту від затоплення в умовах технічних приміщень потребує комплексного підходу до мінімізації впливу зовнішніх факторів на керуючий контролер. Основним джерелом технічних перешкод у системі є електромагнітний клапан, індуктивна котушка якого при кожному циклі комутації генерує потужні імпульси ЕРС самоіндукції. Якщо ці викиди не локалізувати, вони здатні поширюватися через лінії живлення або безпосередньо впливати на сигнальні порти Arduino, призводячи до помилкових спрацювань, зависання програмного забезпечення або деградації мікроконтролера. Для нейтралізації цих явищ необхідно використовувати зовнішні снабберні ланцюги — RC-фільтри, що встановлюються паралельно контактам реле. Вони забезпечують плавне згасання енергії магнітного поля, перетворюючи її на тепло, що гарантує високу стабільність логічних сигналів.

Важливим аспектом проектування є також просторове трасування кабельних ліній. Оскільки прокладання силових дротів 220 В та низьковольтних сигнальних ліній в одному каналі створює ризик виникнення перехресних перешкод, необхідно забезпечити фізичне розділення цих трас на відстані не менше 10–15 см. Якщо рознесення ліній неможливе, силові кабелі повинні мати металеве екранування, підключене до загальної шини заземлення. Це дозволяє уникнути індуктивних наводок, які можуть спотворювати дані, що надходять від датчиків вологості. Останні, своєю чергою, вимагають особливої уваги до герметичності вузлів підключення, оскільки вологе середовище створює умови для появи паразитних провідних шляхів на друкованих платах. Герметизація точок пайки за допомогою термоусадочних трубок з клейовим шаром або електротехнічного компаунду виключає окислення контактів та мінімізує ризик хибних спрацювань системи через вплив вологи.

З точки зору акустичного комфорту, робота клапана супроводжується

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

механічними звуками під час перекриття потоку води. Хоча рівень цього шуму не перевищує нормативні 55 дБА, для підвищення надійності та зниження рівня вібраційного навантаження на трубопровід рекомендується використання демпферних прокладок між клапаном та монтажним кронштейном. Це сприяє поглинанню структурного шуму та запобігає передчасному зносу механічних вузлів. Стабільність роботи системи також підкріплюється програмними методами, такими як впровадження алгоритму гістерезису: клапан активується лише при сталому та підтвердженому сигналі про аварію, що виключає «дедбезг» релейних контактів та запобігає надмірному акустичному забрудненню простору при короткочасних коливаннях значень вологості.

5.3. Планування та контроль за виконанням заходів із безпеки праці під час обслуговування системи захисту від затоплення

1. Система захисту від затоплення, що інтегрує високовольтні вузли керування та чутливу мікроелектронну базу, вимагає впровадження превентивних заходів протипожежного захисту. Пожежна небезпека в технічних вузлах зазвичай пов'язана з виникненням перехідних опорів, перегрівом індуктивних навантажень або аварійними режимами роботи комутаційної апаратури.

2. Для локалізації небезпеки, спричиненої перегрівом електромагнітного клапана або коротким замиканням у силовому ланцюзі, на вході в систему живлення 220 В в обов'язковому порядку встановлюється плавкий запобіжник або автоматичний вимикач з характеристикою спрацювання типу «В», що забезпечує миттєве розмикання при перевищенні номінального струму. Номінал захисного пристрою розраховується таким чином, щоб він був на 25–30% вищим за пусковий струм котушки клапана, що дозволяє уникнути помилкових спрацювань, але при цьому гарантує негайне знеструмлення при виникненні замикання «на землю» або між витками котушки.

3. З метою запобігання перетворенню системи на осередок поширення вогню, висуваються жорсткі вимоги до матеріалів, з яких виготовлені корпусні

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

елементи. Усі розподільчі коробки та корпуси контролерів повинні відповідати класу горючості UL94-V0, що гарантує здатність матеріалу до самозагасання протягом 10 секунд після усунення джерела займання, не утворюючи при цьому палаючих крапель, які могли б спричинити вторинне загоряння.

4. Використання гвинтових клемних колодок із термостійких діелектриків є критично важливим для забезпечення цілісності силових з'єднань. Категорично не допускається виконання силових з'єднань методом пайки, оскільки при високих струмах припой може розм'якшитися, що призведе до порушення контакту, виникнення електричної дуги та локального підвищення температури до критичних значень, здатних розплавити ізоляцію дротів.

5. У разі виходу з ладу силового реле та його «залипання» у увімкненому стані, система продовжує подавати напругу на клапан. Для мінімізації негативних наслідків такого режиму використовується принцип пасивного захисту: обраний електромагнітний клапан має показник тривалості увімкнення (ED) 100%, що гарантує його здатність працювати в постійно відкритому або закритому стані без ризику термічного руйнування ізоляції котушки.

6. Програмна частина контролера Arduino доповнена механізмом «сторожового таймера» (Watchdog Timer), який періодично здійснює діагностику цілісності ланцюга. Якщо в ході опитування система виявляє невідповідність між станом реле та фактичними показниками датчиків, вона ініціює примусовий перезапуск модуля або переводить пристрій у захищений режим, інформуючи оператора про неможливість гарантувати безпеку об'єкта.

7. У середині захисного короба компоновання елементів здійснюється таким чином, щоб силові вузли (220 В) були просторово віддалені від логічних плат (5 В) на відстань не менше 20 мм. Додатково між ними розміщується діелектричний екран, що перешкоджає поширенню іскрового розряду у разі виникнення електричної дуги. Ці заходи в сукупності дозволяють мінімізувати ймовірність займання до статистично незначних показників, перетворюючи систему захисту від затоплення на надійний елемент інженерної інфраструктури об'єкта.

Підсумовуючи можна сказати, що реалізація автоматизованої системи

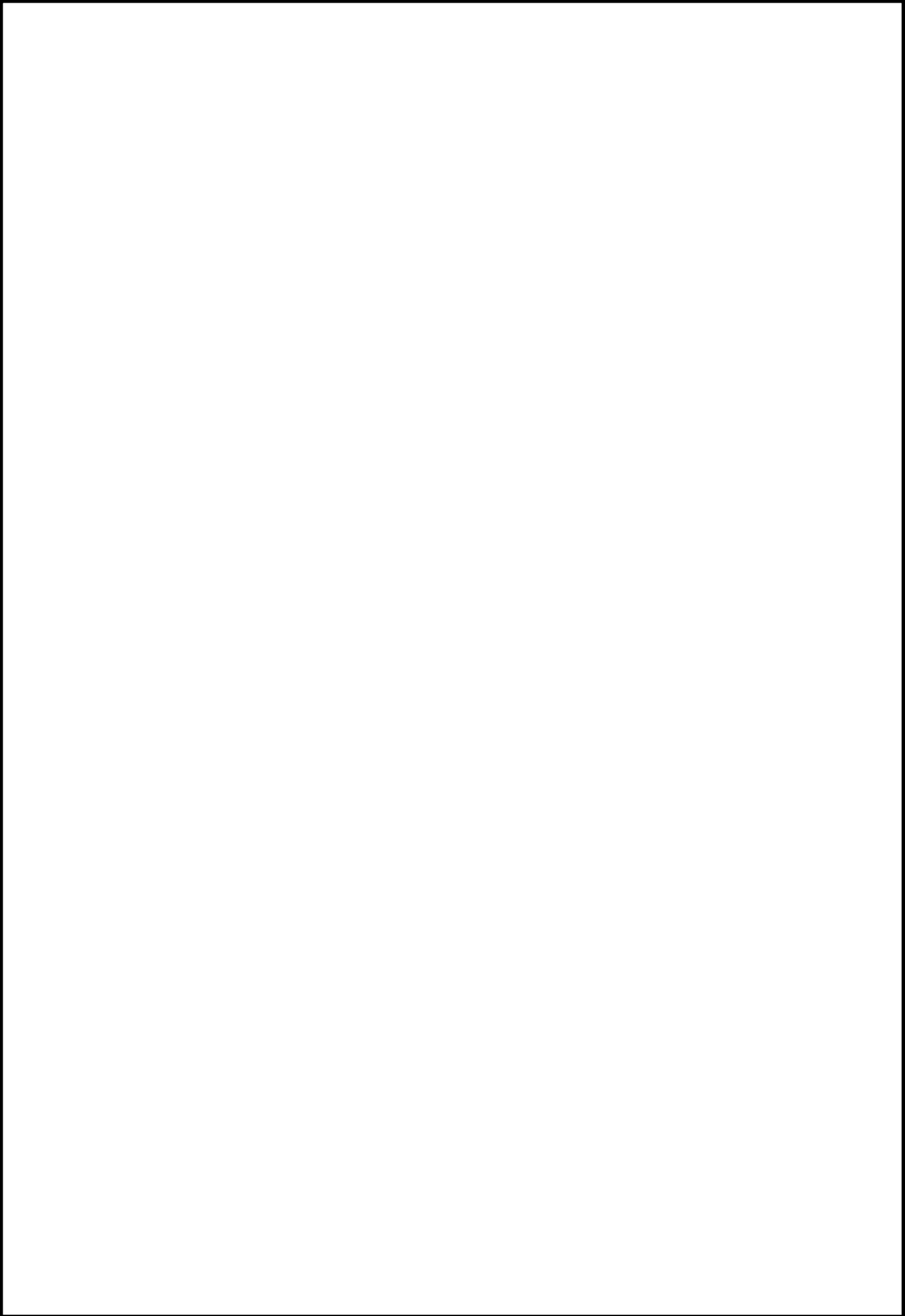
					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

захисту від затоплення на базі мікроконтролера Arduino Uno вимагає комплексного інженерного підходу, що гармонійно поєднує надійні технічні засоби захисту з чіткою організаційною дисципліною. Впроваджені конструктивні рішення — від забезпечення повної гальванічної розв'язки силових ланцюгів та використання снабберних ланцюгів для фільтрації перешкод до встановлення запобіжної апаратури — створюють багаторівневий бар'єр проти виникнення критичних станів. Систематизований регламент планово-попереджувальних робіт, що охоплює щомісячні функціональні перевірки та піврічні технічні ревізії, мінімізує ймовірність відмови обладнання, забезпечуючи стабільну та безвідмовну роботу системи в довгостроковій перспективі.

Фундаментальним аспектом надійності системи є професійна підготовка обслуговуючого персоналу, що базується на багаторівневій системі інструктажів. Чітке розуміння алгоритмів роботи логічного контролера, володіння навичками ручного перекриття водопостачання у позаштатних ситуаціях та суворе дотримання правил пожежної безпеки, зокрема використання вуглекислотних засобів гасіння замість водних, дозволяють мінімізувати вплив людського фактора як потенційного джерела аварій. Таким чином, організаційні заходи, інтегровані з протипожежними нормами при проектуванні та монтажі, перетворюють розроблену систему на самодостатній та високонадійний елемент інженерної безпеки об'єкта.

Загалом, розроблена система повністю відповідає вимогам ДСанПіН та чинним екологічним стандартам. Завдяки правильному підбору матеріалів з відповідним класом горючості (UL94-V0), грамотному трасуванню кабельних ліній для виключення електромагнітних наводок та інтеграції програмних захисних алгоритмів (Watchdog Timer), досягнуто високого рівня електромагнітної сумісності та пожежної безпеки. Комплекс заходів, детально описаних у цьому розділі, гарантує надійний захист об'єкта від матеріальних збитків, спричинених затопленням, при повному усуненні ризиків для персоналу та довкілля, що підтверджує інженерну довершеність та економічну доцільність обраної концепції автоматизації.

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі було розроблено автоматичну систему захисту від затоплення із сповіщенням та автоматичним перекриванням води.

У результаті виконання роботи розроблено надійний пристрій, який забезпечує своєчасне виявлення витoku води, звукове та світлове сповіщення, а також автоматичне перекривання водопостачання для запобігання аварійним ситуаціям і матеріальним збиткам у побутових чи навчальних приміщеннях.

У загальній частині обґрунтовано актуальність теми, проведено аналітичний огляд існуючих систем захисту від затоплення та визначено, що оптимальним рішенням є розробка власної дворівневої системи на базі мікроконтролерів Arduino з ультразвуковим безконтактним сенсором, яка поєднує високу чутливість, доступну вартість та автономність виконання захисних дій.

У конструкторсько-технологічному розділі виконано аналіз технічного завдання, розроблено структурну та функціональну схеми пристрою, обґрунтовано вибір елементної бази (Arduino, HC-SR04, реле, кроковий двигун/DC-мотор). Описано алгоритм роботи та створено вбудоване програмне забезпечення для взаємодії двох мікроконтролерів через сигнальну лінію. Нижня плата здійснює безперервний моніторинг відстані ультразвуковим методом і генерує звуковий сигнал при аварії, а верхня — активує комутаційне реле для перекривання води. Успішну перевірку логіки та обміну сигналами підтверджено під час моделювання в симуляторі Tinkercad.

У третьому розділі розроблено інструкцію з експлуатації електронного пристрою, детальну методику перевірки функціонування системи у два етапи (попередня симуляція та тестування на реальному обладнанні) та описано регламент технічного обслуговування (щомісячні, щосезонні та щорічні профілактичні заходи).

Проведене техніко-економічне обґрунтування підтвердило фінансову вигоду проєкту. Собівартість розробки становить 21 131,99 грн (витрати на оплату праці та нарахування), а вартість апаратної частини прототипу є мінімальною та

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

доступною для масового ринку. Впровадження такої системи дозволяє уникнути значних збитків від затоплень, забезпечуючи швидку окупність і економічну доцільність.

Питання охорони праці, безпеки в умовах експлуатації електронних пристроїв та електробезпеки при комутації силових кіл розглянуто згідно з чинними нормативами.

Таким чином, поставлене завдання виконано повністю: розроблено автоматичну систему захисту від затоплення, яка відповідає сформульованим технічним вимогам та є готовою до практичного використання.

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Arduino Uno R3 Datasheet: технічні характеристики та документація мікроконтролера. — URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/> (дата звернення: 12.05.2026).
2. HC-SR04 User Manual: технічний опис ультразвукового датчика відстані. — URL: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf> (дата звернення: 14.05.2026).
3. Songle Relay SRD-05VDC-SL-C Datasheet: технічний опис 5-вольтового релейного модуля. — URL: <https://www.circuitbasics.com/wp-content/uploads/2015/11/SRD-05VDC-SL-C-Datasheet.pdf> (дата звернення: 16.05.2026).
4. Nema 17 Stepper Motor Specification: документація на кроковий двигун (або механізм перекривання води). — URL: <https://www.omc-stepperonline.com/download/17HS13-0404S.pdf> (дата звернення: 18.05.2026).
5. A4988 Stepper Motor Driver Carrier Datasheet: технічний опис драйвера крокового двигуна. — URL: https://www.pololu.com/file/0J450/a4988_DMOS_microstepping_driver.pdf (дата звернення: 15.05.2026).
6. Arduino IDE Documentation: офіційний ресурс середовища розробки та програмування. — URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Environment> (дата звернення: 20.05.2026).
7. Tinkercad Circuits Online Simulator: онлайн-платформа для моделювання електронних схем. — URL: <https://www.tinkercad.com/> (дата звернення: 10.05.2026).
8. ЄСКД. ДСТУ ГОСТ 2.701:2008. Єдина система конструкторської документації. Схеми. Загальні вимоги до виконання. — URL: <https://online.budstandart.com/ua/doc-page.html?id=56555> (дата звернення: 05.05.2026).
9. ЄСКД. ГОСТ 2.702-75. Правила виконання електричних схем. — URL:

					<i>2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

<https://standards.ru/document/gost/12502.aspx> (дата звернення: 06.05.2026).

10. ЄСКД. ГОСТ 2.710-81. Позначення буквено-цифрові у електричних схемах.

— URL: <https://standards.ru/document/gost/12209.aspx> (дата звернення: 08.05.2026).

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

ДОДАТОК А

Код для мікроконтролера ARDUINO UNO

```
// -----  
// ПРОГРАМА ДЛЯ ARDUINO 1 (Нижня плата: виявлення затоплення та сигналізація)  
// -----  
  
// Визначення пінів підключення компонентів  
const int trigPin = 9;           // Trig пін ультразвукового датчика  
const int echoPin = 8;           // Echo пін ультразвукового датчика  
const int buzzerPin = 2;         // Пін для пасивного зумера (звукова сигналізація)  
const int floodSignalOutputPin = 10; // Пін для надсилання сигналу до Arduino 2  
  
// Налаштування порогів  
const int floodThresholdCm = 15; // Поріг відстані (см) для виявлення затоплення  
  
long duration;  
int distanceCm;  
  
void setup_arduino1() {  
    pinMode(trigPin, OUTPUT);  
    pinMode(echoPin, INPUT);  
    pinMode(buzzerPin, OUTPUT);  
    pinMode(floodSignalOutputPin, OUTPUT);  
  
    Serial.begin(9600); // Ініціалізація послідовного зв'язку  
    Serial.println("Arduino 1: Запуск системи виявлення затоплення.");  
    Serial.print("Поріг затоплення встановлено на: ");  
    Serial.print(floodThresholdCm);  
    Serial.println(" см");  
  
    // Початковий стан: зумер вимкнено, сигнал LOW  
    noTone(buzzerPin);  
    digitalWrite(floodSignalOutputPin, LOW);  
}  
  
void loop_arduino1() {  
    // Очистити Trig Pin  
    digitalWrite(trigPin, LOW);  
    delayMicroseconds(2);  
  
    // Надіслати імпульс на Trig Pin  
    digitalWrite(trigPin, HIGH);  
    delayMicroseconds(10);  
    digitalWrite(trigPin, LOW);  
  
    // Зчитування тривалості луни  
    duration = pulseIn(echoPin, HIGH);  
  
    // Перетворення часу на відстань у сантиметрах  
    distanceCm = duration * 0.0343 / 2;  
  
    Serial.print("Arduino 1: Відстань: ");  
    Serial.print(distanceCm);  
    Serial.println(" см");  
  
    // Логіка виявлення аварійної ситуації та активації засобів захисту  
    if (distanceCm <= floodThresholdCm && distanceCm > 0) {  
        // ЗАТОПЛЕННЯ ВІЯВЛЕНО  
        Serial.println("Arduino 1: !!! ЗАТОПЛЕННЯ !!! Активація зумера та надсилання HIGH.");  
  
        // Активація звукового сповіщення
```

					2026.КВР.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

```

tone(buzzerPin, 1000); // Звуковий сигнал частотою 1000 Гц
delay(500);           // Тривалість звуку 500 мс
noTone(buzzerPin);    // Зупинити звук
delay(500);           // Пауза 500 мс

// Надсилання сигналу HIGH до Arduino 2
digitalWrite(floodSignalOutputPin, HIGH);
} else {
    // НОРМАЛЬНИЙ РІВЕНЬ
    Serial.println("Arduino 1: Нормальний рівень. Зумер вимкнено, надсилання LOW.");

    // Деактивація зумера та скидання керуючого сигналу
    noTone(buzzerPin);
    digitalWrite(floodSignalOutputPin, LOW);
}

delay(200); // Затримка перед наступним вимірюванням
}

// -----
// ПРОГРАМА ДЛЯ ARDUINO 2 (Верхня плата: приймання сигналу, реле та двигун)
// -----

// Визначення пінів комутації
const int relayControlPin = 6;    // Пін керуючого входу реле
const int floodSignalInputPin = 7; // Пін прийому сигналу від Arduino 1 (пін 10)

// Налаштування логіки релейного модуля
const bool HIGH_ACTIVATES_RELAY = true; // true, якщо реле вмикається від HIGH; false - від LOW

void setup_arduino2() {
    pinMode(relayControlPin, OUTPUT); // Пін реле як вихід
    pinMode(floodSignalInputPin, INPUT); // Пін прийому сигналу як вхід

    Serial.begin(9600);
    Serial.println("Arduino 2: Запуск керування реле для DC-мотора.");

    // Початковий стан: реле вимкнено (мотор зупинено)
    digitalWrite(relayControlPin, HIGH_ACTIVATES_RELAY ? LOW : HIGH);
    Serial.println("Початковий стан: реле вимкнено (мотор зупинено).");
}

void loop_arduino2() {
    int signalState = digitalRead(floodSignalInputPin); // Зчитування стану сигнального піна
    Serial.print("Arduino 2: Стан вхідного сигналу (Pin 7): ");
    Serial.println(signalState == HIGH ? "HIGH" : "LOW");

    // Логіка керування реле та DC-мотором (виконавчим механізмом)
    if (signalState == HIGH) {
        // Отримано сигнал аварії (затоплення)
        Serial.println("Arduino 2: Отримано сигнал ЗАТОПЛЕННЯ! Вмикаємо мотор.");
        // Активуємо реле
        digitalWrite(relayControlPin, HIGH_ACTIVATES_RELAY ? HIGH : LOW);
    } else {
        // Сигнал у межах норми
        Serial.println("Arduino 2: Отримано сигнал НОРМА. Вимикаємо мотор.");
        // Деактивуємо реле
        digitalWrite(relayControlPin, HIGH_ACTIVATES_RELAY ? LOW : HIGH);
    }

    delay(100); // Стабілізаційна затримка
}

// =====
// ТОЧКА ВХОДУ ДЛЯ СИМУЛЯЦІЇ (або окремих файлів скетчів для кожної плати)
// =====

```

```

void setup() {
    // Для запуску в рамках одного файлу (наприклад, для демонстрації компіляції)
    // Необхідно розкоментувати відповідну функцію залежно від прошиваної плати.

    // setup_arduino1(); // Виклик ініціалізації нижньої плати
    // setup_arduino2(); // Виклик ініціалізації верхньої плати
}

void loop() {
    // loop_arduino1(); // Цикл нижньої плати
    // loop_arduino2(); // Цикл верхньої плати
}

```

					2026.KBP.123.4 12.12.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

03. познач.		Найменування			Кіл.	Примітка		
		Цифрові модулі						
DD1		Плата мікроконтролера Arduino Uno			2			
		Датчики						
BL1		Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04			1			
HA1		Зумер пасивний (звукова сигналізація)			1			
		Виконавчі пристрої						
K1		Модуль реле 1-канальний (5V, з опторозв'язкою)			1			
M1		Двигун постійного струму (DC-мотор)			1			
		Елементи індикації та живлення						
HL1		Світлодіод індикації аварії (червоний)			1			
R1		Резистор 220 Ом, 0.25 Вт			1			
GB1		Блок живлення 5V DC (адаптер)			1			
XS1		Роз'єм живлення (jack DC)			1			

Таблиця техніко-економічних показників

Технічні показники			Економічні показники			
№ п/п	Показник	Значення	№ п/п	Показник	Одиниці вимірю- вання	Значення
1	Мікроконтролерна платформа	Arduino Uno (ATmega328P)	1	Собівартість	грн	30 217,32
2	Датчик рівня води	Ультразвуковий HC-SR04	2	Плановий прибуток	грн	16 921,70
3	Виконавчий механізм	DC-мотор + реле SPDT	3	Ціна НДР	грн	47 139,02
4	Напруга живлення	5 В (USB) 7 12 В (зовн.)	4	Чиста теперішня вартість (ЧТВ)	грн	14 546,01
5	Трудомісткість розробки	170 люд.-год	5	Термін окупності	рік	1,68

Зм.

Арх.

№ документа

Підпис

Дата

Розробив

Перевір.

Т. контр.

Реценз.

Н. контр.

Затверд.

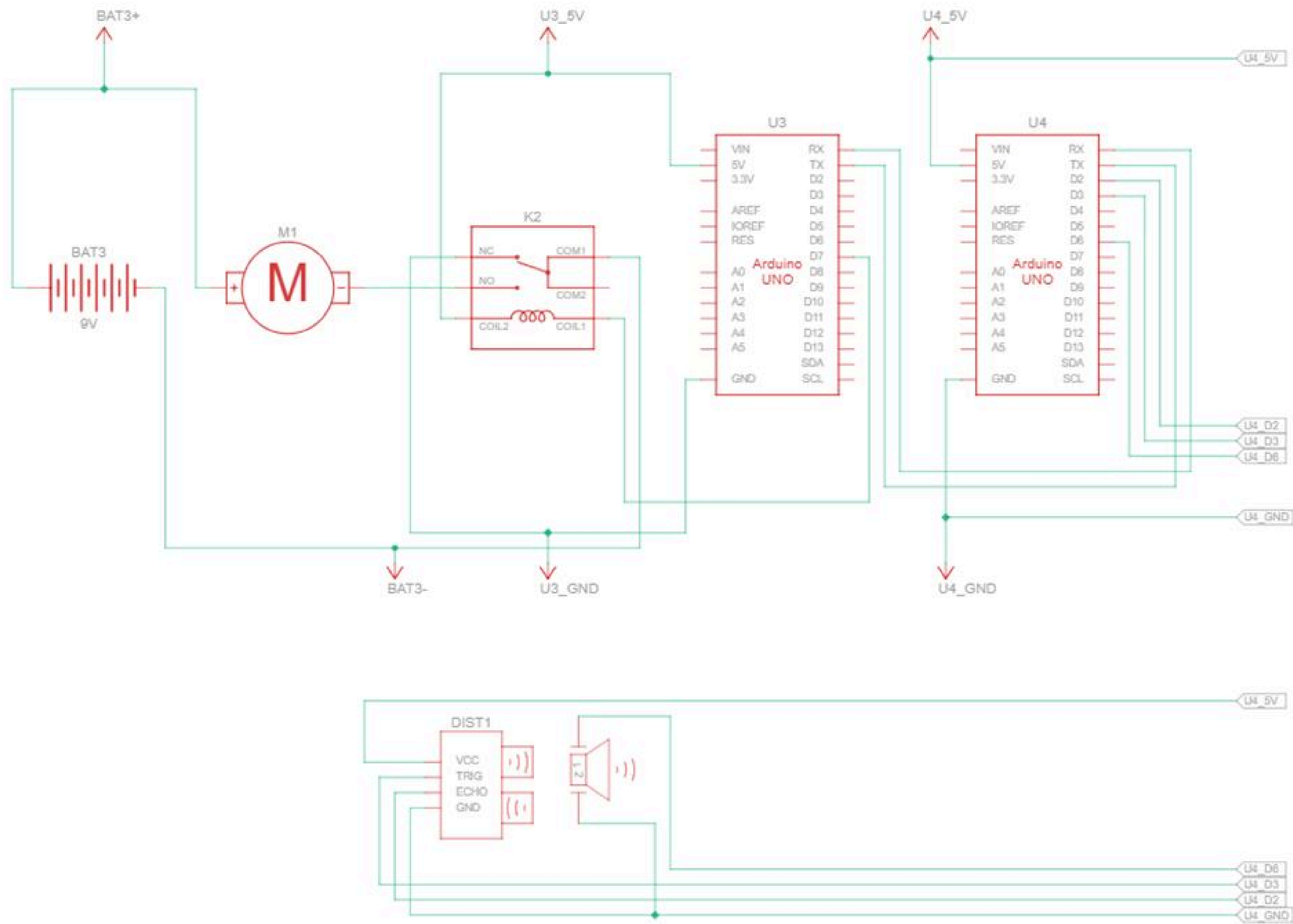
А. СИПЕНЬ

РДЗЮБАТИЙ

А.ЮЗЬКІВ



						2026.КВР.123.412.12.00.00 БС							
						Розробка автоматизованої системи захисту від заповнення зі сповненням та перекриванням води Блок схема					Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата							Аркуш		Аркушів
Розробив		Синьен. А									ВСП ТФК ТНТУ КІ-412 м. Тернопіль		
Перевір.		Дзюбатиий, Р											
Т. контр.													
Реценз.													
Н. контр.		А.ЮЗЬКІВ											
Затверд.													



						2026.KBP.123.412.12.00.00 E3			

