

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ,
МЕХАТРОНИКИ І РОБОТОТЕХНІКИ

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра метрології та інформаційно-виміральної техніки

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

**«Комп'ютеризована інформаційно-вимірвальна система для
визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва»**

Виконав: студент 4 курсу, групи МТ-1
спеціальності

152 Метрологія та інформаційно-
вимірвальна техніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Бородавко Владислав Віталійович

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., проф. зав. каф.М та ІВТ

Подчашинський Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент д.т.н., проф. каф. АІ та ІТ

ін. проф. Б.Б. Савицькіна

Кирилова В.А.

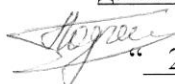
Житомир – 2022

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
кафедра Метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
світньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
напрямок підготовки 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., проф. Подчашинський Ю.О.

 “ 2 ” травня 2022 р.

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

Бородавко Владислава Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для
визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва

рівень роботи Подчашинський Ю.О., дтн, проф. зав. кафедри Метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “2” травня 2022 року №147/с

Строк подання студентом роботи “10” червня 2022 року

Вихідні дані до роботи вимірювання рівня рідини у резервуарі, вмикання/вимикання
системи, вивід вимірюваних значень на дисплей, візуальне оповіщення рівня рідини

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
зробити) технічне завдання, огляд та аналіз існуючих систем вимірювання рівня
рідини в резервуарі, розробка структурної, принципової схем, розробка програми та
алгоритму, конструкторська частина

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
структурна схема, принципова схема, блок-схема алгоритму та друкована
плата

Консультанти розділів роботи

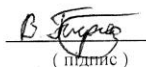
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3	Подчашинський Ю.О., дтн, проф		
4,5,6	Лугових О.О, стар.викл.		

Дата видачі завдання 2.05.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

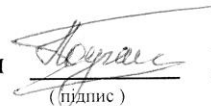
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підготувати звіт про переддипломну практику	05.03.2022– 11.03.2022	
2.	Збір літературних даних за темою дипломної роботи та відомих систем вимірювання рівня рідини в резервуарі	12.03.2022 – 29.03.2022	
3.	Ознайомитись з основними принципами побудови систем вимірювання параметрів руху спортсмена	01.03.2022 – 07.04.2022	
4.	Розробка структурної схеми системи вимірювання рівня рідини в резервуарі	08.04.2022 – 24.04.2022	
5.	Розробка принципової схеми системи вимірювання рівня рідини в резервуарі	25.04.2022 – 03.05.2022	
6.	Вибір компонентів системи вимірювання рівня заповнення резервуара	05.05.2022 – 22.05.2022	
7.	Розробка блок-схеми алгоритму та програми системи вимірювання рівня рідини в резервуарі	24.05.2022– 30.05.2022	
8.	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	02.06.2022 - 09.06.2022	

Студент


(підпис)В.В. Бородавко

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)Ю.О. Подчашинський

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва» містить 71 сторінки, 26 рисунків, 4 таблиці, 4 формул, 25 джерел.

В роботі проводиться огляд існуючих інформаційно-вимірювальних систем для визначення рівня рідини в резервуарах

Розроблена структурна схема та принципова схема системи для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва. Обгрунтована та вибрана елементна база інформаційно-вимірювальна система Розроблений алгоритм роботи системи та програма. Розроблена друкована плата та прорахована надійнісні показники системи.

Ключові слова: вимірювання рівня рідини, датчик рівня рідини, мікроконтролер, Arduino Uno.

ANNOTATION

The bachelor's thesis on "Computerized information and measurement system for determining the level of liquid in the tanks of chemical production" contains 71 pages, 26 figures, 4 tables, 4 formulas, 25 sources.

The paper reviews the existing information and measurement systems to determine the liquid level in the tanks

The structural scheme and the schematic scheme of the system for determination of liquid level in tanks of chemical production are developed. Substantiated and selected element base of information-measuring system Developed algorithm of system and program. The printed circuit board is developed and the reliable indicators of the system are calculated.

Keywords: liquid level measurement, liquid level sensor, microcontroller, Arduino Uno.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	7
1.1. Призначення та область застосування.....	7
1.2. Умови експлуатації	7
1.3. Технічні параметри системи.....	8
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	9
2.1 Класифікація датчиків рівня рідини.....	9
2.2.Існуючі системи вимірювання рівня рідини.....	10
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	16
3.1 Обґрунтування технічних рішень	16
3.2 Обґрунтування вибору мікроконтролера.....	16
3.3 Обґрунтування вибору датчика рівня рідини.....	20
3.4 Порівняльна характеристика методів вимірювання рівня рідини.....	32
3.5 Обґрунтування вибору дисплея.....	34
3.6 Обґрунтування вибору елемента комутації.....	36
3.7 Обґрунтування вибору світлових індикаторів.....	37
3.8 Обґрунтування живлення системи.....	39
3.9 Розробка структурної схеми.....	40
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	41
4.1. Вибір мікроконтролеру.....	41
4.2 Вибір датчика рівня рідини.....	42
4.3 Вибір дисплею.....	43
4.4 Вибір елемента комутації.....	45
4.5 Вибір світлових індикаторів.....	46
4.6 Вибір блока живлення.....	47
4.7 Принципова схема.....	48
4.8 Розрахунок похибок вимірювання рівня рідини.....	49
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ.....	52
5.1. Розробка алгоритму	52
5.2. Розробка програми.....	53
6. КОНСТРУКТОРЬСКА ЧАСТИНА.....	55
6.1.Розробка друкованої плати.....	55
6.2. Розрахунок надійності системи.....	56
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	61
7.1. Охорона праці.....	61
7.2. Розробка заходів з охорони праці.....	61
7.3. Пожежна безпека приміщення.....	64
7.4. Навчання, інструктаж працівників з питань охорони праці.....	65
ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69
ДОДАТКИ.....	72

					МММТ.420.001.001-ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бородавко В.В.			Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Подчаїшинський					5	71
Реценз.		Кирилович В.А.				ФКІТМР, Гр. МТ-1		
Н. контр.								
Затверд.		Подчаїшинський						

ВСТУП

Вимірювання рівня рідини відіграє важливу роль при автоматизації технологічних процесів у багатьох галузях промисловості. Ці виміри особливо важливі в таких випадках, коли підтримання заданого рівня рідин, пов'язано з умовами безпечної роботи обладнання. На сьогодні існує велика кількість методів вимірювання рівня рідин. Вимірювання рівня відбувається як у відкритих резервуарах, так і в ємностях, що знаходяться під тиском. Беручи до уваги вище сказане, розробка ІВС визначення рівня рідини полегшить роботу працівників та підвищить надійність контролю рівня вимірюваної рідини.

Метою кваліфікаційної роботи є змодельовання комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва.

Визначена мета обумовлює наступні завдання:

5. Провести огляд та аналіз літератури, яка стосується визначення рівня рідини в резервуарах;
6. Розробити технічні вимоги до виробу;
7. Вибрати тип системи і розробити структурну й принципову схеми;
8. Змодельовати друковану плату та розробити алгоритм.

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено інформаційно-вимірювальну систему визначення рівня рідини у резервуарах хімічного виробництва.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1 Призначення та область застосування

Датчик рівня рідини - прилад, призначений для визначення рівня вмісту у відкритих і закритих резервуарах, сховищах і так далі. Під вмістом розуміють різноманітні види рідин, у тому числі і газотвірні, а також сипкі і інші матеріали. Датчиком рівня рідини також називають рівнемір, сигналізатор рівня, перетворювач рівня.

Рівнеміри успішно застосовуються в різних галузях промисловості і використовуються для вимірювання рівня дуже різноманітних рідких і сипучих матеріалів. В даний час вони досить затребувані на ринку, тому з ростом науки і техніки з'являються нові типи рівнемірів, більш точних і зручних у використанні. Рівнеміри застосовуються в багатьох галузях промисловості : хімічній та нафтохімічній, нафтогазової, целюлозно-паперової; фармацевтичної; харчової промисловості і виробництві напоїв; контролі питної води і стічних вод; енергетиці, гідро- і електростанціях.

1.2 Умови експлуатації

Робочі умови застосування датчика рівня рідини:

- Робоча напруга, В: 3-5;
- Робочий струм, мА: близько 20;
- Робоча температура, °С: 10-30;
- Відносна вологість повітря, %: 10-90;

Метрологічні характеристики згідно з ДСТУ 8.009:

- Номінальна напруга змінного струму, В: 220;
- Частота змінного струму, Гц: 50;
- Відхилення від номінальної напруги змінного струму, %: ± 10 ;
- Відхилення від частоти змінного струму, Гц: $\pm 0,5$;

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Часові характеристики:

- Час безперервної роботи, год: не менше 10;
- Час готовності до роботи, с: не більше 10;

Граничні умови транспортування:

- Температура навколишнього повітря, °С: від - 50 до + 70;
- Відносна вологість повітря, %: до 90 при 30 °С;
- Атмосферний тиск, кПа (мм рт. ст.): від 84 до 106,7 (від 630 до 800);
- Транспортна тряска, число ударів за хвилину: від 80 до 120;
- Максимальне прискорення, м/с: 230;

Розміри:

- Розмір датчика, мм: 62 x 20 x 8;
- Розмір чутливих елементів, мм: 41 x 16;
- Вага, г: 4.

1.3 Технічні параметри системи

Розроблена система повинна вирішувати наступні завдання:

- Виведення рівня рідини по шкалі (0-14);
- Автоматичне визначення рівня рідини при підключенні системи до живлення;
- Сповіщення про мінімальний/максимальний рівень рідини у резервуарі світловими індикаторами.

Елементи системи вимірювання: блок живлення, мікроконтролер, датчик, дисплей, 2 світлодіоди, кнопка.

Точність вимірювання 0,13мл;

Відносна похибка не повинна перевищувати 0,1 %;

Габарити друкованої плати: 71 x 96 мм;

Напрацювання до відмовлення виробу становить не менше 15000 годин.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Класифікація датчиків рівня рідини

Щоб забезпечити утримання рідини на одному рівні, систему необхідно устаткувати чутливим до змін рівня або інших параметрів, які впливають на рівень, елементом – сенсором, класифікація яких зображена на рис. 2.1. Вони поділяються на контактні – ті, що безпосередньо доторкуються до рідини, та безконтактні – вимір проводиться на певній відстані від об'єкта.

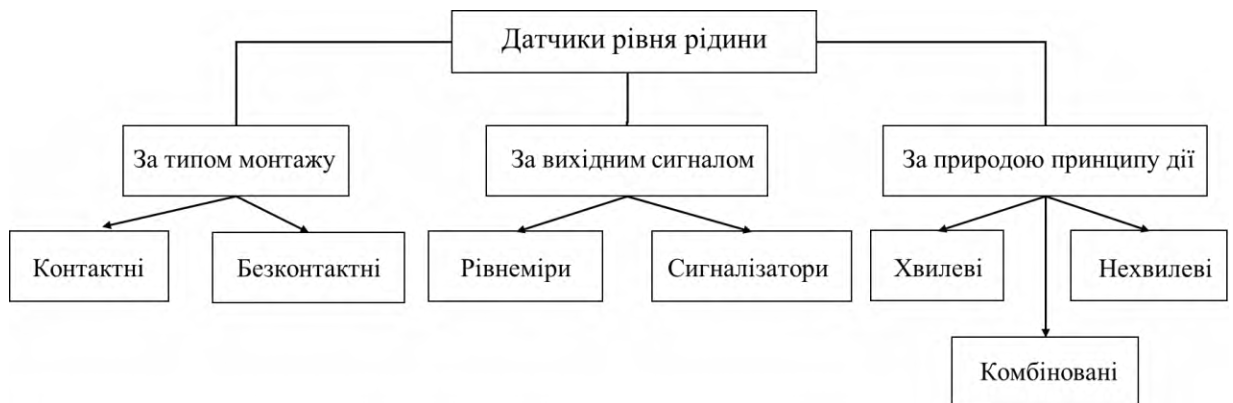


Рис. 2.1 – Класифікація датчиків рівня рідини

Контактні вимірювачі мають широкий спектр застосування, недорого вартують, їх можна встановлювати майже в будь-яких резервуарах, також вони відрізняються простотою монтажу і конструкції. До недоліків контактних датчиків можна віднести взаємодію з рідинним середовищем, що несе за собою їх часткове руйнування, якщо це середовище є хімічно агресивним, або якщо рідина є дуже в'язкою – то відбувається налипання частинок до чутливого елемента.

Перевагами безконтактних методів є гігієнічність, простота в обслуговуванні, простий захист від агресивних речовин, відсутність налипання. Недоліками – висока ціна, обмежене застосування та обмеження по установці.

Також класифікувати такі датчики можна за часом їх дії, а саме існують:

Рівнеміри – це датчики для безперервного вимірювання рівня рідин. Їх

робота базується на визначених фізичних принципах, завдяки яким електронний блок рівнеміра перетворює значення рівня рідини в пропорційний аналоговий сигнал або в цифровий код;

Сигналізатори – це датчики, що виявляють спустошення/переповнення резервуара рідиною. Такі датчики мають дискретний (релейний або транзисторний) вихідний сигнал.

Часто ці два типи застосовують разом для покращення моніторингу і передбачення аварійних ситуацій.

2.2.Існуючі системи вимірювання рівня рідини

Level Control Solo (рис. 2.2) — електронний пристрій для вимірювання гідростатичного, індикація і регулювання рівня рідини у відкритих ємностях. Вимірюване значення висвічується на дисплеї і може бути використане для виконання різних команд. Відмінною особливістю даної моделі є висока точність вимірювання.



Рис. 2.2 - Гідростатичний датчик рівня води Dinotec Level Control Solo

Представлена модель працює за наступним принципом: у вимірювальну трубку накачується повітря вбудованим в прилад компресором. Створюване в трубці тиск відповідає статичному тиску рідини на дні ємності. Рівень рідини

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначається приладом виходячи із значення щільності вимірюваного середовища. Робочі компоненти приладу (за винятком трубки і грузика) не контактують безпосередньо з вимірюваної середовищем. Управління пристроєм здійснюється на панелі керування механічними прорезиновими клавішами, що настраюються значення відображаються на цифровому дисплеї.

Технічні характеристики:

- Робоча напруга: 230 В АС $\pm 10\%$ 50/60 Гц або 110 В АС $\pm 10\%$ 50/60 Hz або 24 В DC (авто. розпізнання);
- Потужність: 10 ВА;
- Напруги (макс.): 230 В АС;
- Струму (макс. 230В АС): 6 А;
- Діапазон виміру: 0 – 350 см (вода);
- Внутр. діаметр змін. трубки: 4 мм;
- Зовн. діаметр змін. трубки: 6 мм;
- Довжина змін. трубки, макс.: 20 м;
- Роздільна здатність: 1 см;
- Точність виміру в діапазоні: $\pm 5\%$;
- Кабельні введення: 5 х вводів PVC M16x1,5; 4 х введення PVC M12x1,5;
- Клас захисту: IP 65;
- Робоча температура навк. середовища: від 0 до $+70^{\circ}\text{C}$;
- Перетин кабелю для з'єдн. контактів 1-15: макс. 1,5 мм²;
- Перетин кабелю для з'єдн. контактів 16-21: макс. 0,75 мм²;
- Момент затягування гвинтів: макс. 0,5 нм;
- Розміри: 215 x 215 x 85 мм;
- Вага: 1,5 кг.

Портативний індикатор рівня рідини (рис. 2.3) призначений для вимірювання наявності або відсутності рідини На певній висоті в контейнері або в трубопроводі. Завдяки техніці безконтактного виявлення індикатор рівня рідини є ідеальним вибором для виявлення небезпечних токсичних або корозійних рідин.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 2.3 - Портативний ультразвуковий датчик рівня рідини

Особливості:

- Не контактує із засобом;
- Підходить для токсичного, корозійного чи інвазивного середовища;
- Немає необхідності в свердлінні або зварюванні на стінці контейнера;
- Передова технологія ультразвукового датчика;
- Надійні результати вимірювань;
- Легкий та зручний в експлуатації та обслуговуванні;
- Ультразвуковий адаптивний алгоритм виявлення;
- Висококонтрастний OLED, кольоровий дисплей, підходить для використання на відкритому повітрі при сильному освітленні;
- Файла ультразвукової-waveform-функція відображення полегшує параметри випробування, сигнали порівняння та інші функції для того, щоб забезпечити точність вимірювання в складних ситуаціях;
- Gooduser дизайн інтерфейсу;
- Комплексне програмне забезпечення для вимірювання;
- Двомовні режими роботи (китайська/англійська).

Технічні характеристики:

- Точність вимірювання: <2 мм;
- Товщина стінки резервуару: 3-30 мм;

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Температура навколишнього середовища: від -20 °C до ~ + 60 °C (від -4 °F ~ + 140 °F);
- Вологість навколишнього повітря: 15%-85%;
- Блок живлення: дві 18650 літієві батареї;
- Ємність акумулятора: 150 Ма·г (в середньому).

Hayward RGP (рис. 2.4) — поплавковий регулятор рівня води в плавальному басейні. За допомогою даного обладнання підтримується фіксований рівень у водоймі, в автоматичному режимі компенсується втрата води, наприклад, природне випаровування в спекотні літні дні або злита вода для промивки фільтра.



Рис. 2.4 - Регулятор рівня води Hayward RGP

Принцип роботи пристрою автодолів Hayward RGP виглядає наступним чином: поплавковий регулятор відкриває подачу води, коли рівень у басейні опускається нижче заданої позначки. Припинення подачі води відбувається коли поплавки піднімається при досягненні встановленого рівня. Конструктивно цей механізм дуже простий, а значить надійний, головне використовуйте фільтр на подаючому трубопроводі, щоб виключити засмічення отвору запірного клапана.

Особливості:

- Призначений для скіммерній басейнів;
- Автоматичний регулятор рівня води;

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Найкраща система для підтримання оптимального рівня води в басейні;
- Регулятор автоматично поповнює кількість води втраченої в процесі промивки фільтра випаровування води.

Технічні характеристики:

- Внутрішнє з'єднання: $\frac{3}{8}$ ";
- Зовнішнє з'єднання: 50 мм;
- Пропускна здатність: 5 м³/год;
- Максимальна температура води: 45 °С;
- Матеріал: ABS–пластик;
- Колір: білий;
- Виробник: Hayward;
- Країна-виробник: Франція.

Електронний автоматичний регулятор рівня струмопровідної рідини Lovato LVM20 (рис. 2.5), призначений за контролем рівня рідини в резервуарі за допомогою спеціальних електродів (зондів). Пристрій управляє доливом води, контролює мінімальний і максимальний рівень допомогою включення і вимикання електромагнітного клапана.

Прилад використовуються з 3 вимірювальними зондами (MIN, MAX і COM), передбачено регулювання чутливості електродів в діапазоні від 2,5 до 50 кОм під питомий опір різних рідин. На панелі управління є світлові індикатори зеленого і червоного кольору сигналізують подачу живлення та стан релейного виходу.

Дана модель регулятора рівня рідини працює від напруги 220В / 50Гц, максимальна споживана потужність не більше 3,5 Вт. Звертаємо Вашу увагу, виріб повинен підключатися згідно з наведеною схемою (меню специфікації) з обов'язковим використанням пристрою захисного відключення.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 2.5 - Електронний автоматичний контролер рівня води Lovato LVM20
Особливості:

- Може використовуватися з будь-яким типом басейну;
- Подвійна ізоляція між подачею живлення, зондами і релейними виходами;
- Зелений світлодіодний індикатор подачі живлення Lovato Electric Італія;
- Червоний світлодіодний індикатор стану релейного виходу.

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 220В / 50Гц;
- Споживана потужність: 3,5 Вт;
- Регульований діапазон чутливості: 2,5...50 кОм;
- Постійна затримка сигналу зонда: < 1с;
- Ступінь захисту: IP40;
- Отримані сертифікати: cULus, EAC;
- Виробник: Lovato Electric;
- Країна-виробник: Італія.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

3.1 Обґрунтування технічних рішень

Було вирішено сконструювати макет комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення рівня рідини у резервуарах хімічного виробництва на базі контролера Arduino для розуміння принципу вимірювання рівня рідини у резервуарах з масштабом 1:150 (для порівняння взято резервуар ІНГ.ЕН-2.7-00.000).

Даний контролер було обрано через ряд технічних особливостей:

- Має зручний розмір;
- З його допомогою можна створювати та керувати абсолютно різними проектами;
- Порівняно простий у використанні.

3.2 Обґрунтування вибору мікроконтролера

Arduino - це інструмент для проектування електронних пристроїв (електронний конструктор) більше взаємодіючих з навколишнім фізичним середовищем, ніж стандартні персональні комп'ютери, які фактично не виходять за рамки віртуальності. Ця платформа призначена для побудови фізичних систем шляхом використання програмних та апаратних засобів, які можуть сприймати та реагувати на зміни в навколишньому середовищі.

Arduino застосовується для створення електронних пристроїв з можливістю прийому сигналів від різних цифрових і аналогових датчиків, які можуть бути підключені до неї, і управління різними виконавчими пристроями. Проекти пристроїв, засновані на Arduino, можуть працювати самостійно або взаємодіяти з програмним забезпеченням на комп'ютері.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Arduino — торгова марка апаратно-програмних засобів для побудови та прототипування простих систем, моделей та експериментів у галузі електроніки, автоматики, автоматизації процесів та робототехніки.

Програмна частина складається з безкоштовної програмної оболонки (IDE) для написання програм, їх компіляції та програмування апаратури. Апаратна частина є набором змонтованих друкованих плат, що продаються як офіційним виробником, так і сторонніми виробниками. Цілком відкрита архітектура системи дозволяє вільно копіювати або доповнювати лінійку продукції Arduino.

Використовується як для створення автономних об'єктів, так і підключення до програмного забезпечення через дротові та бездротові інтерфейси.

Програмування ведеться повністю через власну безкоштовну програмну оболонку Arduino IDE (розповсюджується за умовами GPLv2). У цій оболонці є текстовий редактор, менеджер проєктів, препроцесор, компілятор та інструменти для завантаження програми у мікроконтролер. Оболонка написана Java на основі проєкту Processing, працює під Windows, Mac OS X і Linux. Використовується комплект бібліотек Arduino (за ліцензією LGPL)

Мова програмування Arduino називається Arduino C і є мовою C++ з фреймворком Wiring, вона має деякі відмінності в частині написання коду, який компілюється і збирається за допомогою avr-gcc, з особливостями, що полегшують написання працюючої програми — є набір бібліотек, що включає функції та об'єкти. При компіляції програми IDE створює тимчасовий файл із розширенням «*.cpp».

Програми, написані програмістом Arduino, називаються начерки або скетчі (транслітерація від англ. sketch) і зберігаються у файлах із розширенням «*.ino». Ці файли перед компіляцією обробляються препроцесором Ардуїно. Також існує можливість створювати та підключати до проєкту стандартні файли C++.

Програміст повинен написати дві обов'язкові для Arduino функції `setup()` та `loop()`. Перша викликається одноразово при старті, друга виконується у нескінченному циклі.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У текст своєї програми (скетчу) програміст ні вставляти заголовні файли використовуваних стандартних бібліотек. Ці заголовні файли додасть препроцесор Arduino відповідно до конфігурації проекту. Однак користувацькі бібліотеки потрібно вказувати.

Менеджер проекту Arduino IDE має нестандартний механізм додавання бібліотек. Бібліотеки у вигляді вихідних текстів на стандартному C++ додаються до спеціальної папки в робочому каталозі IDE. Назва бібліотеки додається до списку бібліотек у меню IDE. Програміст відзначає необхідні бібліотеки, і вони вносяться до списку компіляції.

Arduino IDE не пропонує жодних налаштувань компілятора та мінімізує інші налаштування, що спрощує початок роботи для новачків та зменшує ризик виникнення проблем; але є директиви препроцесора, такі як `#define`, `#include` та багато інших.

Випускаються окремі плати зменшених габаритів – Nano, Nano Every та Micro – у габариті DIP-корпусів мікросхем. Вони призначені для встановлення в макетні плати. Плат розширення їм немає.

Пізніше випущена лінійка Arduino MKR у схожому конструктиві. До них є невеликий набір плат розширення периферії.

У класичній лінійці пристроїв Arduino в основному використовуються мікроконтролери Atmel AVR. Наступні МК можна зустріти на вказаних розповсюджених платах:

ATmega2560 (16 МГц, 256 Kb Flash, 8 Kb RAM, 54 порти, з них до 15 з ШІМ та 16 АЦП) - плати Mega.

ATmega32U4 (16 МГц, 32 Kb Flash, 2,5 Kb RAM, 20 портів, з них до 7 з ШІМ та 12 АЦП). Плати Leonardo, Micro, Yun.

ATmega328 (16 МГц, 32 Kb Flash, 2 Kb RAM, 14 портів, з них до 6 з ШІМ та 8 АЦП). Плати UnoR3, Mini, NanoR2, Pro, Pro mini, різні варіанти плат uno та nano, такі як Wifi Uno та nano + nrf42l01.

ATtiny85 (20 МГц, 8 Kb Flash, 512 b RAM, 6 портів, з них 4 ШІМ та 4 аналогових). Плати Digispark також часто застосовуються поза платами.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ATmega168 (16 МГц, 16 Kb Flash, 1 Kb RAM, порти та розпинування аналогічно ATmega328) Плати Uno R1, Uno R2, Pro mini, NanoR1.

У деяких платах склад доступних портів та частота тактування можуть відрізнятися.

Поступово у лінійці плат почали з'являтися процесори ARM. Спочатку це був AT91SAM3X8E на платі класичного конструктиву (Due). Пізніше з'явилася лінійка плат Arduino MKR у конструктиві DIP, оснащена контролером SAMD21 (Cortex-M0, 48 MHz, 256 Kb Flash, 32 Kb RAM).

З 2020 року у такому ж конструктиві MKR з'явилися модулі Portenta з ARM Cortex-M7 (STM32H747 @ 480 МГц).

Напруга живлення процесорів ARM на платах Arduino – 3,3 вольт. На таку ж напругу мають бути розраховані датчики цих плат.

Сторонні розробники портували Arduino підтримку популярного Wi-Fi мікроконтролера ESP8266 і його клону ESP12. Тепер компілювати та завантажувати прошивку для ESP8266 зі своїми скетчами та підтримкою Wi-Fi можна прямо з Arduino IDE, отримуючи одноплатну схему з підтримкою мережі Wi-Fi.

Плати з обв'язаним ESP8266 продаються під маркою Wemos, мають 2 форм-фактори (один як у Uno, другий - зменшений свій) і два покоління у кожному форм-факторі (R1 та R2).

У рамках співпраці зі сторонніми виробниками в Arduino IDE було включено підтримку деяких апаратних засобів Intel x86. Intel Galileo (процесор Intel Quark X1000 400 МГц), Intel Edison та Arduino 101 - Arduino-сумісні плати на Intel x86 архітектурі. Плати механічно та електрично сумісні з периферійними платами Ардуїно. Плати функціонують під власною ОС Linux, поверх якої працює додаток, що дозволяє завантажувати та виконувати скетчі Arduino.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Обґрунтування вибору датчика рівня рідини

Розглянемо конструкції та принципи роботи найпоширеніших датчиків рівня рідини:

Хвилеводний радар (Guided wave radar - GWR) іноді також називають радаром з тимчасовим дозволом (TDR), мікроімпульсним радаром (MIR) або флекс (Flex) радаром.

При установці хвилеводний радар монтується на даху резервуара або в камері, при цьому зонд зазвичай занурюється на повну глибину ємкості (рис. 3.1).

Датчик вимірює тимчасову затримку між випромінюванням і прийомом випромінюваного і відбитого сигналів, після чого вбудований мікропроцесор розраховує відстань до поверхні вимірюваного середовища за формулою:

$$L = \frac{ct}{2}, \quad (3.1)$$

де c – швидкість світла, t – час затримки.

Якщо при конфігуруванні рівнеміра було введено відстань до опорної точки, - зазвичай це дно резервуара або камери, то мікропроцесор розраховує товщину шару рідини.

Переваги. Хвилеводні радари (GWR) здатні забезпечувати одночасне вимірювання рівня і рівня межі розділу середовищ (рідина/рідина), забезпечуючи надійні вимірювання в найрізноманітніших технологічних процесах. Хвилеводні радари забезпечують пряме вимірювання відстані до поверхні технологічного середовища, що обумовлює можливість їх застосування на різних рідинах, шламів. Найважливішою перевагою таких радарів є відсутність потреби будь-якої корекції налаштувань при зміні густини, діелектричної проникності або електропровідності рідини. На точність вимірювань радара не впливають перепади робочого тиску, температури і стану парогазового простору над

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рідиною. Що особливо важливо, хвилеводні радары не мають рухомих частин, що зводить до мінімуму потребу в технічному обслуговуванні.

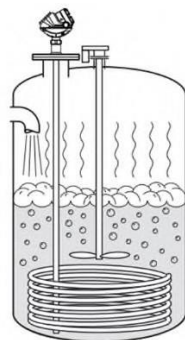


Рис. 3.1 – Хвилеводний радар

Незважаючи на те, що хвилеводні радары можуть працювати в найрізноманітніших умовах, їх слід дуже ретельно підбирати під умови конкретного процесу. Наприклад, кожен тип зонда вибирається в залежності від типу середовища (липке, в'язке), від діапазону вимірювань і монтажних обмежень. В ході роботи зонди не повинні перебувати в безпосередньому контакті з металевими об'єктами (крім коаксіальних), так як це зумовить перешкоди і помилкові відображення. Якщо вимірюване середовище має тенденцію до налипання, то слід використовувати тільки одинарний зонд.

Принцип вимірювань безконтактного радара (рис.3.2) ґрунтується на тому ж принципі, що і для хвилеводного радара. Безконтактний радар посиляє вимірювальний сигнал крізь парогазовий простір, який, відбившись від поверхні вимірюваного середовища, повертається назад в приймач.

Оскільки вимірювання здійснюються безконтактно, і частини рівнеміра практично не піддаються впливу корозії, такі рівнеміри є ідеальним вибором для вимірювань в'язких, клейких середовищ. Досить часто з використанням безконтактної технології рівнеміри застосовуються в резервуарах з мішалками. За потреби радарний рівнемір може бути ізольований від технологічного процесу за допомогою відсічного клапана. Більшість виробників пропонують безконтактні радары для діапазонів вимірювань від 1 до 30 або 40 метрів.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загалом, переваги хвилеводного радару можна віднести і до безконтактного, однак вони неспроможні вимірювати рівень межі двох середовищ (рідина/рідина). Проте, безконтактний спосіб дає змогу працювати з агресивними речовинами.



Рис. 3.2 – Безконтактний радар з антенами різних типів

На вимірювання впливають властивості і стан поверхні середовища, наприклад, при роботі з рідинами, що мають низьку діелектричну проникність, велика частина енергії мікрохвильових імпульсів поглинається рідиною, і лише невелика її частина відбивається назад.

При наявності турбулентної поверхні середовища, наприклад, через перемішування, змішування або наливу продукту велика частина сигналу може розсіюватися в просторі резервуара. Таким чином, поєднання низької діелектричної проникності рідини і турбулентності може значно знизити силу відбитого сигналу, що потрапляє в приймач безконтактного радару.

Ультразвуковий рівнемір монтується на даху резервуара (рис. 3.3). В процесі роботи рівнемір посилає ультразвукові імпульси вниз у напрямку до середовища, рівень якого необхідно вимірювати. Ультразвуковий імпульс поширюється в просторі зі швидкістю звуку. Відбившись від поверхні рідини, імпульс повертається в приймач рівнеміра. Електроніка вимірює час затримки між моментом випромінювання і прийому відбитого імпульсу. Далі, вбудований мікропроцесор обчислює відстань до поверхні рідини за формулою (3.1), але c трактується як швидкість звуку.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

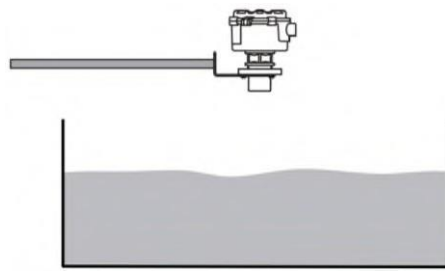


Рис. 3.3 – Ультразвуковий рівнемір

Якщо при конфігуруванні рівнеміра було введено значення опорної висоти (висота резервуара/відстань від дна резервуара до рівнеміра), то в цьому випадку рівнемір зможе обчислювати рівень (товщину шару рідини) в резервуарі.

Ультразвукові рівнеміри можуть бути встановлені як на порожній, так і заповнений резервуар. Як правило, налаштування таких приладів дуже просте завдяки вбудованому дисплею і кнопкам, або засобам віддаленого налаштування, що дозволяє забезпечити введення в експлуатацію за лічені хвилини.

Завдяки відсутності рухомих частин і контакту з вимірюваним середовищем, ультразвукові рівнеміри практично не потребують обслуговування. Змочувані (контактують з атмосферою процесу) частини зазвичай виготовлені з інертних фторводневих матеріалів, стійких до корозії, зумовленої конденсацією парів.

Слід уникати таких застосувань, де над поверхнею рідин утворюються щільні пари. В таких випадках рекомендується використовувати радарні рівнеміри. Ультразвуковий метод вимірювань також не можна використовувати в процесах з вакуумметричними тисками.

Область застосувань ультразвукових рівнемірів також обмежується властивостями конструкційних матеріалів. Діапазон робочих температур в більшості випадків обмежується температурою процесу до 70 ° C і тиском до 0,3 МПа (3 бар).

Якщо вимірювання рівня здійснюється у відкритому/вентильованому резервуарі, то може використовуватися один датчик надлишкового гідростатичного тиску (GP) або датчик диференціального (перепаду) тиску (DP).

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо резервуар закритий або знаходиться під тиском, то для компенсації тиску в резервуарі повинен застосовуватися датчик DP.

На додаток до основних вимірів рівня датчики DP можуть бути налаштовані для вимірювання густини і визначення рівня межі розділу середовищ.

- Вимірювання рівня в відкритому резервуарі

Стовп рідини має вплив на основу стовпа, обумовлений власною вагою. Цей вплив, званий гідростатичним тиском або тиском стовпа рідини, може бути виміряний в одиницях тиску. Гідростатичний тиск визначається таким рівнянням:

$$GP = h\gamma, \quad (3.2)$$

де h - висота стовпа рідини; γ – питома вага стовпа рідини.

При зміні рівня (висоти стовпа) рідини пропорційно змінюється і гідростатичний тиск. Тому найпростішим способом вимірювання рівня в резервуарі є установка датчика тиску на найнижчому рівні рідини: тоді рівень рідини над точкою вимірювання може бути отриманий відповідно до величини гідростатичного тиску, перетвореного у висоту за приведеною вище формулою.

- Вимірювання рівня в закритому резервуарі

Якщо резервуар знаходиться під тиском, то показань одного датчика надлишкового тиску недостатньо, так як зміна сумарного тиску в резервуарі може вплинути на процес вимірювання рівня. Для вирішення цього завдання в закритих резервуарах повинен застосовуватися датчик перепаду тиску, щоб компенсувати тиск в резервуарі.

Датчик DP високого тиску, встановлений поблизу дна резервуара, вимірює гідростатичний тиск плюс тиск в парогазовому просторі. Датчик DP низького тиску (рис. 3.4), встановлений у верхній частині резервуара, вимірює тільки тиск в парогазовому просторі. Різниця показань цих двох датчиків (диференціальний тиск) використовується для визначення рівня.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

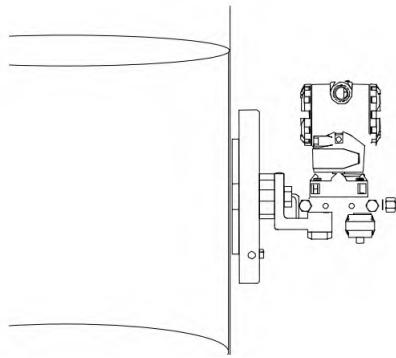


Рис. 3.4 – Датчик перепаду тиску (DP)

В цілому, датчики тиску є економічними, простими в експлуатації і добре вивченим рішенням. На додаток до цього, датчики тиску можуть використовуватися практично з будь-якими резервуарами і рідинами, включаючи суспензії, і можуть працювати в широкому діапазоні тисків і температур.

На точність вимірювання рівня датчиками тиску може вплинути зміна густини рідини, тому при роботі з густими, їдкими чи іншими агресивними рідинами необхідно дотримуватися особливих застережних заходів.

При установці електрода для вимірювання рівня в резервуарі утворюється конденсатор (рис.3.5). Металевий стрижень електрода виступає в якості однієї з обкладок/пластин конденсатора, а стінка резервуара (або електрод порівняння в неметалічних резервуарах) діє як інша пластина. При підвищенні рівня повітря або газ, що оточує електрод, витісняється матеріалом, що має інше значення діелектричної проникності. Зміна ємності конденсатора відбувається через зміни діелектричних властивостей об'єму середовища між пластинами. Ця зміна реєструється приладами для вимірювання ємності радіохвиль і перетворюється в команду для виконавчого реле або в пропорційний вихідний сигнал.

Залежність для ємності конденсатора виражається наступним рівнянням:

$$c = 0.225\epsilon \frac{S}{D} \quad (3.3)$$

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де c – ємність, [пФ], ε – діелектрична проникність рідини, S – площа пластин, D – відстань між пластинами.

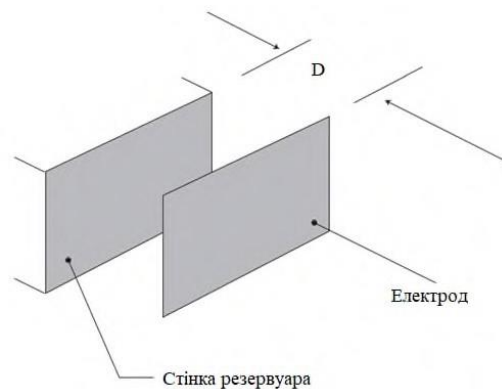


Рис. 3.5 – Принцип роботи ємнісного рівнеміра

При збільшенні розмірів електрода (зростанні ефективної площі поверхні) ємність зростає; при збільшенні відстані між вимірювальним і опорним електродами ємність зменшується.

Ємнісний рівнемір може використовуватися в широкому діапазоні технологічних параметрів, зокрема, в умовах змінної густини, підвищених температур (до 540 ° C), високого тиску (до 34,5 МПа /345 бар), при наявності вузьких/клейких продуктів, пінистих матеріалів і паст. Він може застосовуватися для безперервного або точкового вимірювання рівня рідин і придатний для вимірювання рівня межі розділу середовищ. Крім того, ємнісні рівнеміри виділяються економічністю і міцністю.

Зміна діелектричних властивостей матеріалу, а також осадження продукту на зонді призводять до помилок вимірювань ємнісного рівнеміра. Для компенсації впливу відкладень продукту на ємнісних зондах застосовуються додаткові приналежності. В неметалевих резервуарах або в баках, які не мають вертикальних стінок, потрібне застосування додаткового електрода порівняння. Калібрування ємнісного рівнеміра може викликати труднощі, особливо в разі неможливості «калібрування на стенді», а зміна характеристик парогазового простору може вплинути на вихідний сигнал. Крім того, робота ємнісних рівнемірів сильно утруднена в умовах сильного піноутворення.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструктивно складається з буйка (елемент, який витісняється з рідини), підвісу буйка, з'єднаного через торсіонний вал або пружинний підвіс з електронним перетворювачем рівнеміра (рис.3.6). Тіло буйка розраховується таким чином, щоб його вага була більше ваги витісненої рідини, щоб, навіть при повному зануренні буйка в рідину, на підвіс і торсіонний вал впливала спрямована вниз сила тяжіння.

У міру того як рівень рідини в резервуарі підвищується, буйок занурюється в неї все глибше і глибше. На буйок впливає виштовхуюча сила, пропорційна вазі рідини, витісненої буйком (закон Архімеда). Ця сила і її зміни сприймаються електронним перетворювачем рівнеміра.

Зниження сили тяжіння, що створюється вагою буйка, підвішеного в рідині, пропорційне рівню рідини, і, на підставі змін сили тяжіння, мікропроцесор, розташований в блоці електроніки рівнеміра, розраховує рівень рідини.

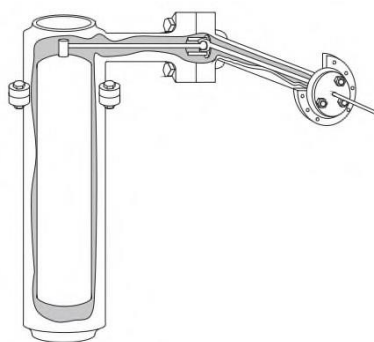


Рис. 3.6 – Загальний вигляд буйкового рівнеміра

За умови, що технічне обслуговування та контроль калібрування виконуються регулярно, вони безвідмовно працюють протягом багатьох років. Ці прилади набули широкого поширення завдяки здатності працювати при екстремальних значеннях тиску і температури процесу, а також можливості визначення рівня межі розділу двох рідин навіть при наявності емульсійних шарів між ними, що дозволяє здійснювати вимірювання рівня в важких умовах експлуатації.

Більшість буйкових рівнемірів вимагають регулярного технічного обслуговування і повторного калібрування та можуть бути пошкоджені в умовах

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частих перепадів рівня. Зміни густини вимірюваного середовища також сильно впливають на точність вимірювань, в такому випадку практично завжди необхідне повторне калібрування.

Радіоізотопні рівнеміри складаються з екранованого радіоізотопного джерела, що прикріплюється з одного боку резервуара, і приймача, що розміщується на протилежному боці (рис.3.7). Гамма-промені випромінюються джерелом і направляються через стінку резервуара, де знаходиться вимірювана рідина, в бік протилежної стінки резервуара, де знаходиться приймач.

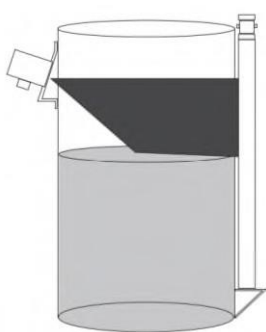


Рис. 3.7– Загальний вигляд радіоізотопного рівнеміра

У радіоізотопних сигналізаторах рівня застосовуються радіоізотопні джерела певного розміру, що забезпечують рівень радіації, який виявляється при відсутності матеріалу між джерелом і приймачем.

Найбільшою перевагою радіоізотопного методу вимірювань є те, що він абсолютно не вимагає контакту з процесом, тобто технологічних приєднань для установки приладу на резервуарі не потрібно. Крім того, радіоізотопні рівнеміри є безконтактними і не підпадають під вплив високих температур, високих тисків, їдких, абразивних і в'язких матеріалів, не чутливі до перемішування, засмічення або замулювання.

Значні коливання густини можуть викликати помилки вимірювань. Відкладення матеріалу на стінках резервуара також можуть впливати на результати вимірювань. Для використання радіоізотопного методу потрібен дозвіл на використання і обов'язковий контроль відсутності витоків, а також дотримання жорстких вимог з охорони праці і техніки безпеки при поводженні з джерелами

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випромінювання та утилізації відходів. До того ж, радіоізотопні рівнеміри мають досить високу вартість.

Магнітострикційні пристрої визначають момент перетину двох магнітних полів, одне з яких створюється магнітом поплавка, а інше – хвилеводом (рис. 3.8). Електроніка генерує струмовий імпульс малої потужності, що поширюється по хвилеводу, і, коли магнітне поле імпульсу взаємодіє з полем, що створюється магнітом поплавка, виникає «скручування» чутливого елемента. При цьому створюється ультразвукова хвиля, час поширення якої вимірюється електронікою рівнеміра.

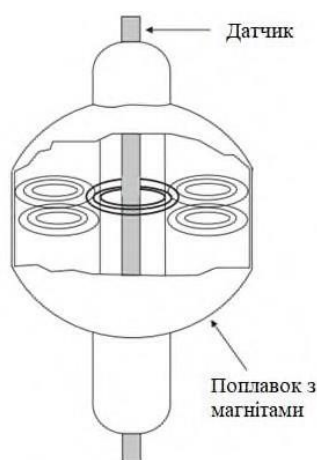


Рис. 3.8 – Принцип роботи магнітострикційного рівнеміра

Магнітострикційні рівнеміри відрізняються низькою похибкою вимірювань (± 1 мм). Одним рівнеміром можна вимірювати як рівень, так і рівень межі розділу середовищ, а також вимірювати температуру процесу в одній або декількох точках.

Поплавок магнітострикційного рівнеміра повинен перебувати в безпосередньому контакті з технологічним середовищем. На ньому можливе утворення відкладень, здатних привести до втрати рухливості; поплавки можуть піддаватися корозії і підходять для вимірювання рівня тільки рідких середовищ.

Вібраційний сигналізатор складається з двокомпонентного камертона, який вібрує на власній частоті, завдяки п'єзоелементу і чутливому елементу - вилки. Сигналізатор монтується зверху або збоку резервуара за допомогою фланцевого

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або різьбового технологічного приєднання таким чином, щоб вилка знаходилася всередині резервуара (рис.3.9).

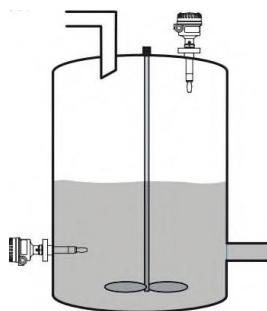


Рис. 3.9 – Приклад монтажу вібраційного сигналізатора

У парогазовій атмосфері елементи вилки вібрують на власній резонансній частоті, яка постійно контролюється електронікою.

Робоча частота сигналізатора вибирається таким чином, щоб уникнути резонансу з частотами вібрацій від механізмів, що працюють поблизу, щоб уникнути помилкових спрацьовувань.

На роботу вібраційних сигналізаторів рівня практично не впливають: потоки рідини, турбулентність, бульбашки, піна, вібрації, затверділості, налипання, відкладення, а також зміна властивостей/характеристик рідини. Після установки на об'єкті додаткового калібрування не вимагається. Сигналізатори мають мінімальні вимоги до монтажу, відсутність рухомих частин і зазорів практично повністю виключає потребу в технічному обслуговуванні.

Вібраційні сигналізатори рівня непридатні для роботи в дуже в'язких середовищах. У деяких випадках відкладення між зубцями вилки порушують надійність їх роботи і призводять до помилкових спрацьовувань.

Поплавковий сигналізатор рівня зазвичай монтується на боковій стінці резервуара або в виносній камері і спрацьовує, коли поплавок спливає під дією рідини, що досягає заданого рівня сигналізації.

У конструкцію поплавкових сигналізаторів входять постійні магніти, які взаємодіють між собою, один з яких знаходиться на поплавці, а інший в корпусі

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигналізатора. Перемикання відбувається в момент перетину двох магнітних полів. Конструкція не містить ущільнень, так як магніти взаємодіють через стінку корпусу сигналізатора.

Ці прості електромеханічні пристрої практично безвідмовні і забезпечують надійне перемикання при контролі верхнього або нижнього рівня.

Буйок/поплавок певної ваги підтримується пружиною (рис. 3.10). Коли буйок занурюється в рідину, сила тяжіння, яка діє на пружину, зменшується, робочий постійний магніт піднімається, взаємодіючи з іншим постійним магнітом, розташованим в корпусі сигналізатора. Буйкові сигналізатори часто використовуються в процесах з дуже високими тисками і з рідинами, що мають малугустину.

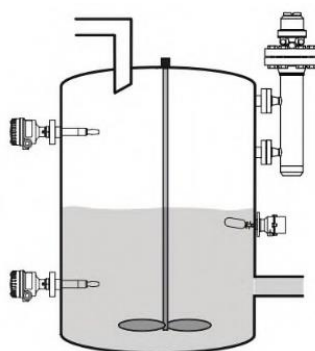


Рис. 3.10 – Приклад установки поплавкового сигналізатора рівня в резервуарі і на боковій стінці

Завдяки простій конструкції з невеликою кількістю елементів, поплавкові і буйкові сигналізатори дуже надійні і прості в обслуговуванні. Вони добре підходять для процесів з високими тисками і температурами, а різноманітність матеріалів змочуваних деталей дозволяє використовувати такі сигналізатори практично з будь-якими рідинами.

Поплавкові і буйкові сигналізатори є простими пасивними пристроями, які не мають функцій самодіагностики, тому для забезпечення їх безперебійної

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботи рекомендується здійснювати регулярний контроль і технічне обслуговування. Рухомі частини таких сигналізаторів схильні до забруднення липкими або в'язкими рідинами.

3.4 Порівняльна характеристика методів вимірювання рівня рідини

Нижче можна побачити придатність розглянутих датчиків до певних умов (табл. 1). Умови є ключовим етапом у виборі датчика.

Таблиця 3.1 – Порівняння і оцінка методів вимірювання рідини в залежності від факторів оточуючого середовища.

Умови вимірювання/метод	Гідростатичний	Ємнісний	Ультразвук	Хвильоводний радар	Безконтактний	Радіоізотопний	Буйковий	Магнітостриктійний	Поплавковий	Вібраційний
Аерація	2	1	2	1	2	2	1	2	1	1
Перемішування	1	2	3	2	2	1	1	2	2	1
Зміна температури оточуючого середовища	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1
Корозія	2	1	1	2	1	1	2	2	2	2
Зміна густини	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1
Зміна діелектричної проникності середовища	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Пил	1	1	3	1	2	1	3	1	3	3
Піна	1	2	3	2	2	1	1	1	1	2
Висока температура	1	1	3	1	2	1	1	3	1	1

Високий тиск	1	1	3	1	2	1	1	3	1	1
Внутрішні конструкції в резервуарі	1	2	3	2	2	2	1	1	2	1
Низька температура	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1
Вакуумметричний тиск (розрідження)	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1
Перешкоди (ЕМП, двигуни, компресори)	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
Відкладення, налипання	3	3	2	2	1	2	3	3	2	2
Суспензії	2	1	1	2	1	1	3	2	2	2
Пари	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
В'язкі, липкі середовища	2	2	1	2	1	1	3	3	2	2

Трактування таблиці:

1 = добре: дана умова слабо впливає або не впливає взагалі на ефективність вимірювання;

2 = задовільно: цей метод можна використовувати в даних умовах, але надійність вимірювань може бути знижена або знадобиться спеціальний монтаж;

3 = погано: метод не підходить для даних умов.

В роботі були розглянуті 10 основних методів вимірювання рівня рідин, кожен з яких має свої переваги та обмеження в силу факторів оточуючого середовища та властивостей самої рідини. На основі цього була розроблена порівняльна таблиця 1.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Обґрунтування вибору дисплея

Дисплеї можна розділити на:

1. Сегментні (такі, як на цифровому годиннику);
2. Алфавітно-цифрові;
3. Графічні.

Сегментні використовуються для індикації простих величин, наприклад: температура, час, кількість обертів. Такі використовуються в калькуляторах і на бюджетній побутовій техніці і досі. Інформація відображається шляхом засвічування певних символів.

Вони можуть бути як рідкокристалічними, так і світлодіодними. Алфавітно-цифрові дисплеї можна зустріти на старій побутовій техніці, іграшках, промисловій техніці та інше. Їх ще називають знакосинтезуючими, текстовими, символьними. Складаються із набору великих пікселів. Можуть бути виконані за LCD, TFT та OLED-технологією.

До графічних дисплеїв можна віднести навіть монітор чи екран смартфона, особливих пояснень я гадаю не потрібно. У статті йтиметься конкретно про спільну роботу знакосинтезуючих або символьних дисплеїв і Ардуїно.

Дисплеї цього виду можуть одночасно відображати певну кількість символів, обмежену геометричними розмірами. Маркуються вони за таким зразком:

- 1602 (рис. 3.11);
- 2002 (рис. 3.12).

Де перші дві цифри – кількість символів у рядку, а друга пара – кількість рядків. Таким чином, дисплей з назвою 1602 може відображати одночасно 2 рядки по 16 символів.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

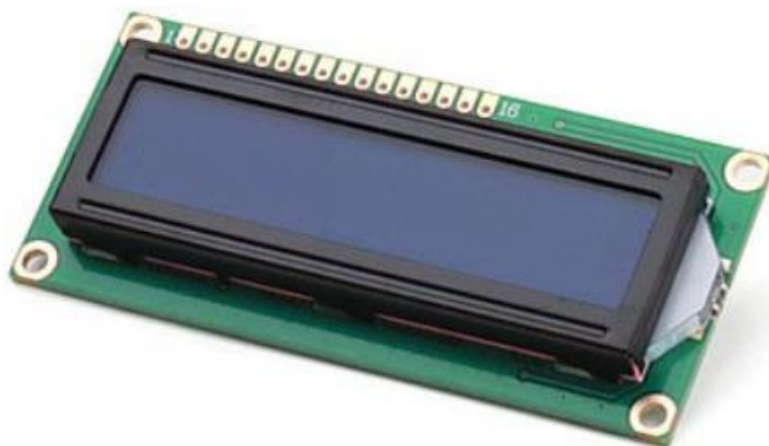


Рис. 3.11 – Дисплей LCD 1602

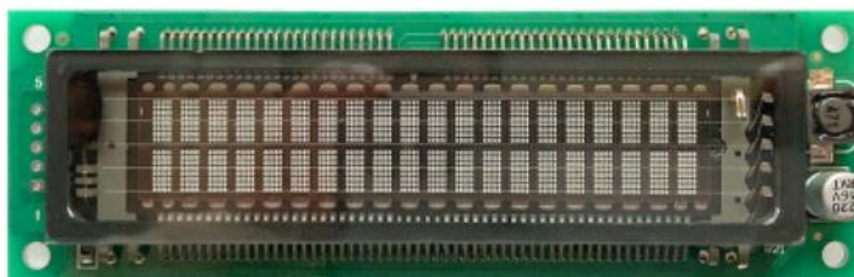


Рис. 3.12 – Дисплей VFD 2002

За типом введення даних розрізняють дисплеї:

- З паралельним введенням даних;
- З введенням даних протоколу I2C.

Паралельне введення даних передбачає передачу 8 або 4-бітних слів за 10 або 6 висновками відповідно (рис. нижче - схема підключення для керування 4 бітами). Крім даних, на дисплей подається живлення.

Передача даних на дисплей за допомогою I2C (рис. 3.13) займе 4 піни вашої Arduino, 2 з яких живлення, а 2 – дані.

Серед вітчизняних виробників можна назвати фірму МЕЛТ. Серед продукції, якою є ціла низка різних дисплеїв. Наприклад, нижче зображено дисплей з маркуванням 20S4, за аналогією з попереднім розглянутим, це говорить

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нам про те, що він відображає 4 рядки по 20 знаків. Він побудований на контролері КБ1013ВГ6 від ВАТ «АНГСТРЕМ», який аналогічний HD44780 фірми HITACHI і KS0066 фірми SAMSUNG. На яких побудовано переважну більшість китайських дисплеїв. До речі, він, як і дисплеї на перелічених чіпах підтримує стандартну бібліотеку паралельного управління Arduino IDE.



Рис. 3.13 – Дисплей LCD 1602 з модулем I2C

3.6 Обґрунтування вибору елемента комутації

Для керування вимірювальної системою та вмиканням та вимиканням потрібно застосувати кнопки.

Кнопки керування – це низьковольтні елементи схем автоматизації, рухомі контакти яких переміщуються та реагують на натискання штовхачів певних кнопок. Керуючі апарати відповідальні за роботу реле та контакторів в електроланцюжках. Для ефективного та комфортного керування обладнанням кнопки компонують в одну загальну панель, яка називається кнопковою станцією. Залежно від призначення їх виконують у широкій гамі кольорів: чорні, червоні, білі, жовті і так далі.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Комутаційні елементи поділяються на кілька груп залежно від їхнього принципу роботи та конструкції:

Вимикач клавiшний зазвичай встановлюється для включення/вимкнення освітлення у квартирі або громадській будівлі. Електроланцюг замикається і розмикається внаслідок натискання певну область виконавчого елемента. Прості у використанні, виглядають естетично, бувають вимикачі 1-клавiшні, на 2 та 3 клавiші;

Вимикач-кнопка в домашньому господарстві зустрічається рідко, хіба що у дверних дзвінках, на виробництві такі вироби забезпечують управління промисловим обладнанням, верстатами. При натисканні на кнопку ланцюг замикається, а якщо відпустити розмикається;

Перекидні вимикачі, або тумблери, застосовують для комутації керуючих електроланцюгів, рідше – для живлення в деяких приладах.

Крім цього, існують поворотні вимикачі, світлорегулятори, більш сучасні – сенсорні (комутація відбувається в результаті дотику до пристрою), акустичні (реагують на звук у приміщенні), на дистанційному управлінні.

Так, як пристрій повинен бути компактний, обираю тактову кнопку для включення дисплею.

3.7 Обґрунтування вибору світлових індикаторів

За типом виконання виділяють:

Dip світлодіоди (рис. 3.14). Вони є кристалами, укладеними в циліндричну лінзу. Належать до індикаторних світлодіодів. Існують монохромні та багатоколірні пристрої.

Spider led. Такі світлодіоди схожі на DIP світлодіоди, але мають 4 виходи. У таких діодах оптимізовано тепловідведення, підвищується надійність компонентів. Активно використовуються у автомобільній техніці.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

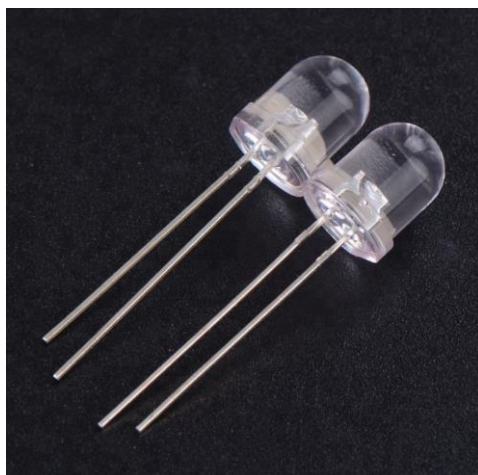


Рис. 3.14 – DIP світло діоди

SMD – світлодіоди для поверхневого монтажу. Можуть відноситись як до індикаторних, так і до освітлювальних світлодіодів.

Cob (Chip-On-Board) – кристал встановлено безпосередньо на платі. До переваг такого рішення відносяться захист від окислення, малі габарити, ефективне відведення тепла та рівномірне освітлення по всій площі. Світлодіоди такої марки є найінноваційнішими. Активно використовуються в автомобільній індустрії для створення фар та поворотників, при розробці телевізорів та екранів комп'ютерів.

Oled - органічні тонкоплівкові світлодіоди. Використовуються для побудови органічних дисплеїв. Складаються з анода, підкладки з фольги або скла, катода, полімерного прошарку, шару струмопровідного з органічних матеріалів. До переваг належать малі габарити, рівномірне освітлення по всій площі, широкий кут свічення, низька вартість, тривалий термін служби, низьке споживання електроенергії.

Filament світлодіоди. Головна їх перевага - висока енергоефективність. Цей інноваційний продукт найчастіше використовується при виготовленні освітлювальних ламп. Серед примітних характеристик виробництва відповідних світлодіодів - здійснення монтажу безпосередньо на підкладку, виконану з скла.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Даний підхід дає можливість поширювати світло, що випромінюється світлодіодом, на 360 градусів.

Для світлової індикації критичних рівнів у резервуарі пропонується використати DIP світлодіоди, оскільки вони компактні, прості у підключенні та не потребують додаткового підключення до ланцюга через струмообмежуючий резистор: для цього достатньо внутрішнього опору мікроконтролера.

3.8 Обґрунтування живлення системи

Блок живлення – це електричний пристрій, призначений для формування напруги живлення. Блок живлення – вторинне джерело електроживлення.

Вторинне джерело електроживлення перетворює параметри електроенергії основного джерела електропостачання, наприклад, промислової мережі електроенергію з параметрами, необхідні роботи допоміжних пристроїв.

Призначення блоку живлення - забезпечення пристроїв, що працюють від електроенергії, напругою із заданими параметрами, необхідними для їх функціонування.

Для розроблюваної вимірювальної системи потрібно обрати вторинне джерело живлення. Для цього потрібно врахувати живлення всіх елементів системи. Якщо якісь елементи потребують інший номінал напруги, то потрібно використовувати стабілізатори напруги.

3.9 Розробка структурної схеми

З вище обґрунтованих елементів побудуємо структурну схему вимірювальної системи, що представлена на рис. 3.15.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.15 - Структурна схема вимірювальної системи

Складові вимірювальної системи наступні:

- Мікроконтролер;
- Датчики рівня рідини;
- Кнопка включення вимірювальної системи;
- Світлові індикатори;
- Рідкокристалічний дисплей;
- Блок живлення (акумулятор).

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1 Вибір мікроконтролеру

Arduino Uno R3 це контролер, що побудований на основі мікроконтролера ATmega 328 (рис. 4.1). Дана платформа відрізняється від усіх попередніх тим, що вона не використовує USB-послідовний порт FTDI. Замість цього плата, в якості перетворювача інтерфейсів USB-UART, використовує мікроконтролер MEGA16U2. Платформа має 14 цифрових входів/виходів (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньосхемного програмування (ICSP) та кнопку скидання.



Рисунок 4.1 – Контролер Arduino Uno R3

Основні характеристики платформи Arduino Uno R3 подані у таблиці 2

Таблиця 2 – Основні характеристики Arduino Uno R3

Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5 В

Вхідна напруга (рекомендовано)	7-12 В
Вхідна напруга (межі)	6-20 В
Цифрові входи/виходи	14 (з яких 6 забезпечують вихід ШІМ)
Аналогові входи	6
Флеш-пам'ять	32 КБ (АТmega328) з яких 0.5 КБ використовується для завантажувача
ОЗП	2 КБ (АТmega328)
ЕPROM	1 КБ (АТmega328)
Тактова частота	16 МГц

4.2 Вибір датчика рівня рідини

Для вимірювання рівня рідини було обрано глибиномір Т1592 (рис. 4.2), який використовується у проектах на мікроконтролерах для вимірювання рівня води у невеликому резервуарі.

Даний датчик було обрано через невелику вартість, поширеність та простоту у використанні: для підключення живлення та контролера датчик має однорядну групу з трьох штирьових контактів, зазначених на платі як «S» (вихідний сигнал), «+» (напруга живлення), «-» (загальний контакт). Коли на датчик подається напруга живлення, то горить червоний світлодіод, зазначений як Power. У резервуарі датчик монтується вертикально. Для закріплення на плоскій поверхні в платі датчика є два монтажних отвори. Довжина чутливих елементів датчика складає 41 мм, ширина – 16 мм. Живлення датчика здійснюється або від Arduino контролера, або від іншого керуючого мікропроцесора пристрою, або від зовнішнього джерела живлення (блок живлення, батарея).



Рис. 4.2 – Глибиномір Т1592

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Характеристики датчика T1592 приведені у таблиці 3

Таблиця 3 – Характеристики датчика рівня рідини

Модель	T1592
Вихідний сигнал	Аналоговий
Напруга живлення	3-5 В
Споживаний струм	Біля 20 Ма
Розмір чутливих елементів (Д x Ш)	41 x 16 мм
Розмір	62 x 20 x 8 мм
Маса	4 г

4.3 Вибір дисплею

Для виводу показів рівня рідини у резервуарі використаємо рідкокристалічний дисплей LED 1602 з модулем I2C.

Рідкокристалічний дисплей (Liquid Crystal Display) LCD 1602 є хорошим вибором для виведення рядків символів у різних проектах. Він коштує недорого, є різні модифікації з різними кольорами підсвічування, можна легко завантажити готові бібліотеки для скетч Ардуїно. Але найбільшим недоліком цього екрану є той факт, що дисплей має 16 цифрових висновків, з яких обов'язковими є мінімум 6. Тому використання цього екрану без I2C додає серйозні обмеження для плат Arduino Uno або Nano.

Дисплей підключається до апаратної шини I2C Arduino (рис. 4.3). Найпростіший варіант підключення дисплея до Arduino – по 4-провідному шлейфу через Trema Shield (на зображенні зліва), оскільки на ньому є підписана колодка шини I2C. Якщо підключати дисплей безпосередньо, то виводи GND та VCC дисплея підключаються до напруги 5 В, а виводи SDA та SCL до апаратної шини I2C (у Arduino UNO вивід SDA = A4, а вивід SCL = A5). На зображенні справа показано, як можна підключити дисплей до спеціальних виводів шини I2C Arduino UNO (ці виводи дублюють виводи A4 та A5).

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

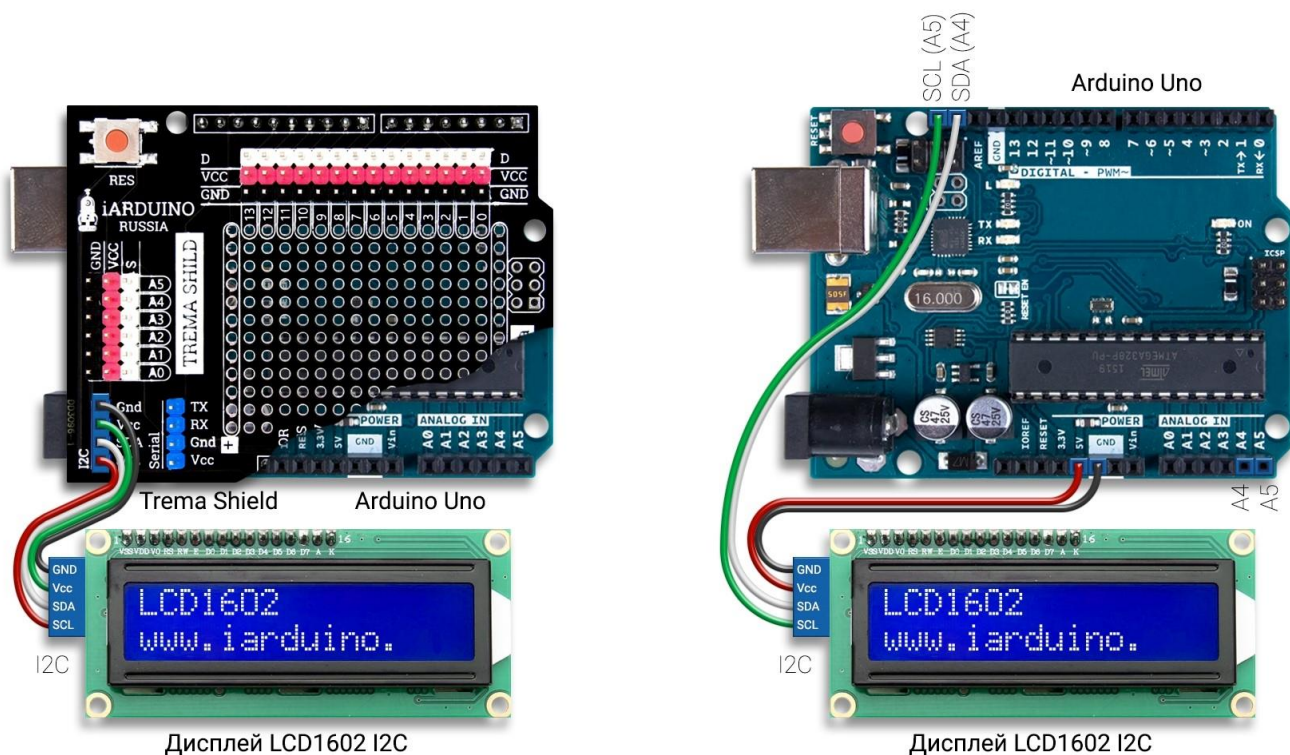


Рис. 4.3 – підключення Arduino до модуля I2C

Символьний дисплей побудований на базі РК дисплея типу STN (Super Twisted Nematic) під керуванням контролера HD44780 і має синхронний паралельний 8-бітний інтерфейс, підключений до конвертера для перетворення паралельного інтерфейсу дисплея в шину I2C, по якій він і підключається до Arduino. Наявність конвертера полегшує підключення дисплея Arduino, оскільки шина I2C використовує всього 2 виводи для передачі даних та 2 виводи живлення. Дисплей оснащений світлодіодним підсвічуванням синього кольору. Дисплей здатний одночасно відображати до 32 символів (16 стовпців, 02 рядки) від чого і пішла назва дисплея: LCD1602. Контролер HD44780 має постійний запам'ятовуючий пристрій, в якому зберігаються цифри, символи латиниці та деякі ієрогліфи японської мови, для їх відображення на дисплеї. Відсутні символи, зокрема, і символи кирилиці можна завантажувати в пам'ять ОЗУ контролера, для виведення на дисплей написів українською мовою або нестандартних символів (наприклад «смайликів» і т.д.).

Технічні характеристики:

– Тип інформації, що виводиться: символьний;

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

- Мова в дисплеї ПЗУ: латиниця, японська;
- Можливість завантаження власних символів: є;
- Формат інформації, що виводиться: 16×02 символів;
- Тип дисплею: LCD;
- Технологія монітора: STN;
- Кут огляду: 180 °;
- Тип підсвічування: LED;
- Колір підсвічування: синій;
- Колір символів: білий;
- Контролер: HD44780;
- Інтерфейс: синхронний, 8-бітний, паралельний;
- Напруга живлення: 5 В;
- Робоча температура: від -20 до +70°C;
- Температура зберігання -30...+80°C;
- Розмір: 80х36 мм.

4.4 Вибір елемента комутації

Для включення дисплею використовується тактова кнопка. Для цього потрібна міцна кнопка, тому що враховується сила та кількість натиснень на неї. Через це обрано використовувати кнопку TS7701-5.0-250 (рис. 4.4).



Рис. 4.4 – Тактова кнопка TS7701-5.0-250

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики:

- Номінальна напруга: 12 В;
- Номінальний струм: 50 мА;
- Сила перемикання: 250 gf (± 30);
- Розміри корпусу: 7,3 x 7,3 мм;
- Висота кнопки: 5 мм;
- Робоча температура: від -20 до +70°C;
- Опір контактів: 50M Ω max;
- Опір ізоляції: 100M Ω min. 250 В;
- Монтаж: DIP;
- Ресурс: 100 000 циклів;
- Ступінь вологозахисту IP67.

4.5 Вибір світлових індикаторів

Для індикації критично малого та критично великого рівня заповнення резервуара було прийнято рішення використовувати 2 DIP світлодіода: синій – для критично малого рівня та червоний – для критично великого (рис. 4.5).



Рис. 4.5 – DIP світлодіоди червоного та синього кольору

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики:

- Номінальний струм: 20 Ма;
- Максимальний імпульсний струм: 50 Ма;
- Пряма номінальна напруга (червоний): 1,5 – 2,6 В;
- Пряма номінальна напруга (синій): 3,2 – 4,5 В;
- Максимальна зворотна напругу: 5 В.

4.6 Вибір блока живлення

Врахувавши всі напруги живлення елементів, пропонується використати акумулятор на 9 В (рис. 4.6). Пропонується використати літій-іонні акумуляторні батареї типу Крона 6F22 (CR-9V) з вбудованим USB Type-C роз'ємом.

Заряджати акумулятори можна від будь-якого USB-порту звичайного комп'ютера чи ноутбука. Місткість акумулятора: 650мАч, напруга: 9В.

Така батарея дуже широко використовується з багатьма електронними пристроями, наприклад: настінний годинник, будильник, сигналізація, ліхтар, GPS навігатор, пульт дистанційного керування, датчики диму, мультиметр, дозиметр, диктофон, будівельні прилади і т.д. Акумулятор має великий термін експлуатації, більш ніж 1000 циклів заряд-розряд.



Рис. 4.6 - Крона 6F22 9V (CR-9V)

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики:

- Країна-виробник: Китай;
- Ємність акумулятора: 650 мА/год;
- Напруга: 9 В;
- Тип: Батарейка;
- Тип акумулятора: Li-Ion;
- Типорозмір: Кг09а;
- Гарантійний термін: 6 місяців;
- Призначення: Універсальний;
- Колір корпусу: Сірий.

4.7 Принципова схема

Всі складові вище описані та обґрунтовані, побудуємо принципову схему вимірювальної системи (рис. 4.7).

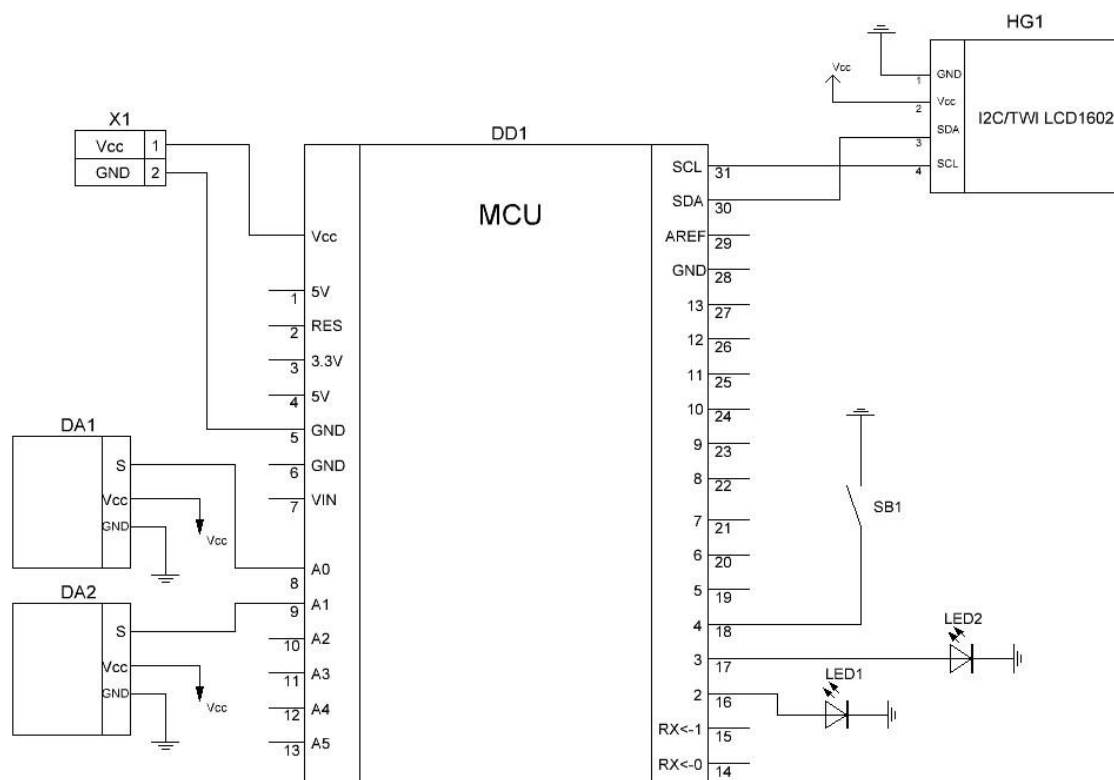


Рис. 4.7 – Принципова схема

Складові системи наступні:

- DD1 – мікроконтролер Arduino Uno R3 ATmega328P AU AVR;
- DA1, DA2 – глибиномір T1592;
- HG1 – рідкокристалічний дисплей LCD 1602 blue I2C;
- SB1 – тактова кнопка TS7701-5.0-250;
- LED1, LED2 – світлодіоди типу DIP.

4.8 Розрахунок похибок вимірювання рівня рідини

Обчислення похибок прямих вимірювань. Нехай проведено десять повторних вимірювань рівня рідини $L = \{50,05; 49,93; 49,95; 50,06; 50,07; 50,06; 50,06; 49,95; 49,96; 49,96\}$ мл. Межі вимірювання датчика від 14 мл до 200мл.

1) Середнє арифметичне $\bar{L}$ за (3.13):

$$\bar{L} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} L_i \cong 50,005$$

$$\Delta L = |\bar{L} - L_i| \text{ та } \Delta L_i^2 = (\bar{L} - L_i)^2, \quad \text{де } i = 1, 2 \dots 10;$$

Таблиця 4.1

№ з. п.	L, мл	ΔL , мл	ΔL^2 , мл ²
1	50,05	0,045	0,002
2	49,93	0,075	0,006
3	49,95	0,055	0,003
4	50,06	0,055	0,003
5	50,07	0,065	0,004
6	50,06	0,055	0,003
7	50,06	0,055	0,003
8	49,95	0,055	0,003
9	49,96	0,045	0,002
10	49,96	0,045	0,002
сер	50,005	0,055	0,003

3) Випадкову похибку вимірювання за (3.23): з табл. 3.2 знайдемо коефіцієнт Стюдента для 10 вимірювань і довірчої ймовірності 0,95 $t_{0,95}=2,26$; розрахуємо за (3.17) виправлене вибіркове середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \sum_{i=1}^{10} (\bar{L} - L_i)^2} \approx 0,058 \text{ мл}$$

та знайдемо випадкову похибку:

$$\Delta_B L = 2,26 * 0,058 = 0,131 \text{ мл}$$

(Результати вимірювань та обчислень заносимо у табл. 5.2.)

4) Похибку приладу за (3.27): $\Delta_{пр} L = \frac{1}{300} t_p k L_{гр}$. Для надійної ймовірності $P = 0,95$ з табл. 3.3 знайдемо $t_{0,95}=2,0$. Враховуючи, що за умовою $L_{гр} = 200$ мл, а клас точності $k = 1$, отримаємо:

$$\Delta_{пр} L = \frac{1}{300} 2,0 * 200 * 1 \approx 1,3 \text{ мл};$$

5) Похибку заокруглення за (3.28): $\Delta R_3 = P \frac{h}{2}$. Для цього знайдемо інтервал заокруглення h як половину останнього розряду вимірюваної величини — 0,05. Отже:

$$\Delta L_3 = 0,95 * \frac{0,05}{2} \approx 0,02 \text{ мл}$$

6) Загальну абсолютну похибку (3.21):

$$\Delta R = \sqrt{(\Delta_B L)^2 + (\Delta_{пр} L)^2 + (\Delta_3 L)^2} = \sqrt{0,13^2 + 1,3^2 + 0,02^2} \approx 1,3 \text{ мл}$$

(За правилом «трьох сигм» похибками приладу та заокруглення нехтуємо.)

7) Відносну похибку за (3.29)

$$\delta L = \frac{\Delta L}{\bar{L}} \times 100\% = \frac{1,3}{50,005} \times 100\% \approx 2,59\%$$

Записуємо кінцевий результат:

$$L = (50,005 + 1,3) \text{ мГн при } \delta L = 2,59\%$$

Знайдемо абсолютну та відносну похибки, виходячи з поняття середнього арифметичного без використання теорії похибок. Середнє значення відоме: $\bar{L} \approx 5,005$ мГн. Знайдемо середню арифметичну похибку $\Delta \bar{L}$ та відносну δL :

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta \bar{L} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \Delta L_i \cong 0,055 \text{ мЛ}$$

$$\delta L = \frac{\Delta L}{\bar{L}} * 100\% \approx 0,1\%$$

Запишемо кінцевий результат:

$$L = \bar{L} \pm \Delta \bar{L} = 50,005 \pm 0,055 \text{ мГн при } \delta L = 0,1\%$$

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1 Розробка алгоритму

Розроблений алгоритм представлений на рис.5.1.

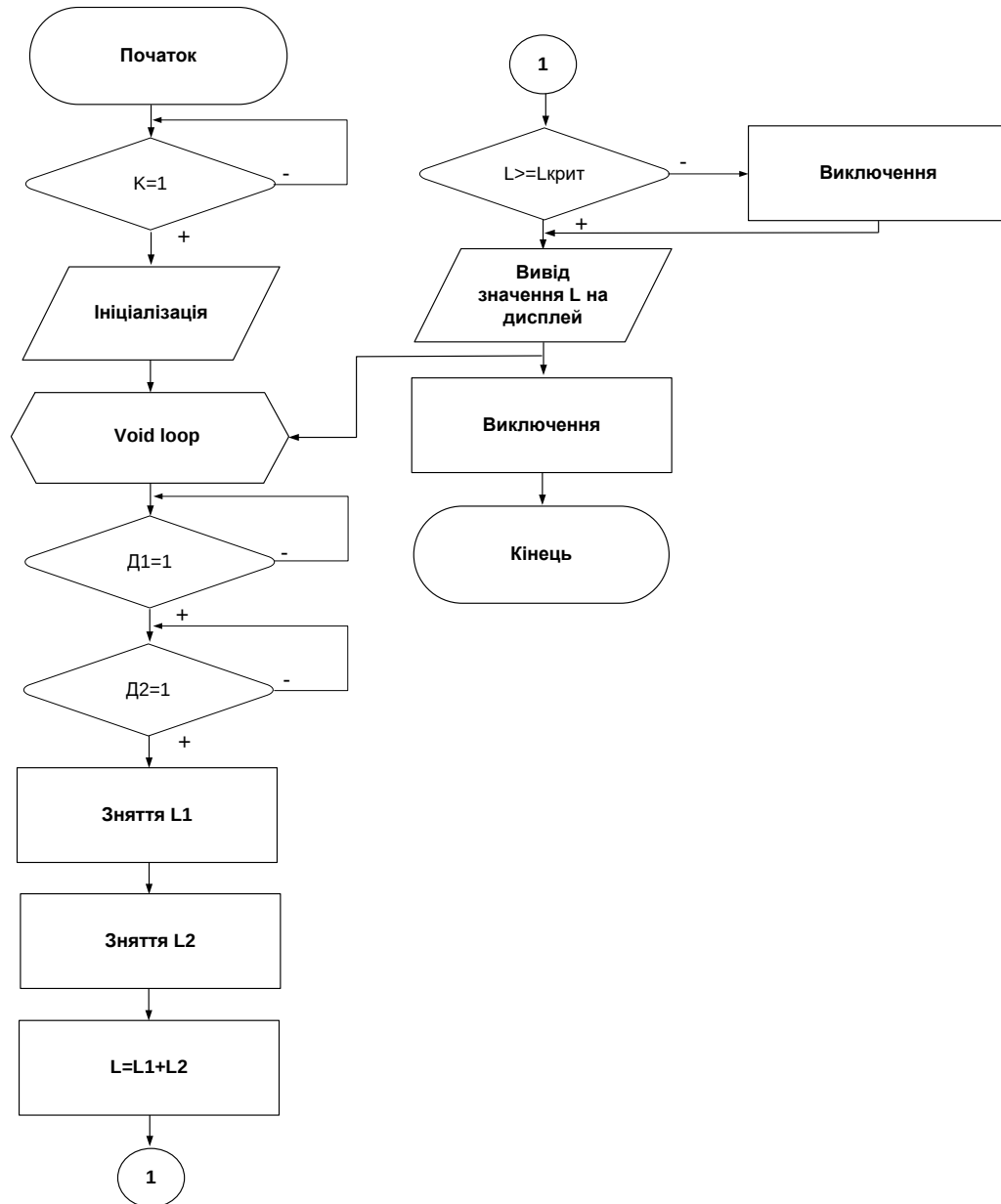


Рис.5.1.Алгоритм інформаційно-вимірювальної системи

Блок початок означає початок роботи інформаційно-вимірювальної системи. Після перевіряємо чи натиснута кнопка. Якщо кнопка натиснута, то система починає свою роботу.

Ініціалізація виконує функцію визначення виводів мікроконтролера та змінних.

Блок void loop відповідає за цикл, який буде повторюватись постійно, поки не виключити систему.

Потім дві умови опитування датчиків. Чи є сигнал на датчиках. Якщо є, то переходимо далі до вимірювання значення датчиків. Якщо не, система продовжує опитувати.

Потім відбувається обрахунок середнього значення.

Блок порівняння з критичним значенням порівнює, та в випадку невідповідності умови загоряється червоний світло діод.

Потім вивід значення рівня рідини на дисплей.

Після цього система зациклюється та продовжує вимірювання поки її не вимкнути.

Потім ручне виключення та кінець роботи програми.

5.2 Розробка програми

Для написання коду використовувалась програма Arduino IDE - інтегроване середовище розробки для Windows, MacOS та Linux, розроблене на Cі та C++, призначене для створення та завантаження програм на Arduino-сумісні плати, а також на плати інших виробників.

Вихідний код середовища випущений під загальнодоступною ліцензією GNU версії 2. Підтримує мови Cі і C++ з використанням спеціальних правил структурування коду. Arduino IDE надає бібліотеку програмного забезпечення з проекту Wiring, яка надає безліч загальних процедур введення та виведення. Для написаного користувачем коду потрібні лише дві базові функції для запуску ескізу та основного циклу програми, які скомпільовані та пов'язані із заглушкою програми main () у виконувану циклічну програму з ланцюжком інструментів GNU, також включеною до дистрибутиву IDE. Використовує програму avrdude

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для перетворення коду, що виконується, в текстовий файл у шістнадцятковому кодуванні, який завантажується в плату Arduino програмою-завантажувачем у вбудованому програмному забезпеченні плати.

Програми, написані програмістом Arduino, називаються начерки або скетчі (транслітерація від англ. sketch) і зберігаються у файлах із розширенням *.ino. Ці файли перед компіляцією обробляються препроцесор Ардуїно. Також існує можливість створювати та підключати до проекту стандартні файли C++.

Програміст повинен написати дві обов'язкові для Arduino функції `setup()` та `loop()`. Перша викликається одноразово при старті, друга виконується у нескінченному циклі.

У текст своєї програми (скетчу) програміст ні вставляти заголовні файли використовуваних стандартних бібліотек. Ці файли заголовків додасть препроцесор Arduino відповідно до конфігурації проекту. Однак користувацькі бібліотеки потрібно вказувати.

Менеджер проекту Arduino IDE має нестандартний механізм додавання бібліотек. Бібліотеки у вигляді вихідних текстів на стандартному C++ додаються до спеціальної папки в робочому каталозі IDE. Назва бібліотеки додається до списку бібліотек у меню IDE. Програміст зазначає необхідні бібліотеки, і вони вносяться до списку компіляції.

Arduino IDE не пропонує жодних налаштувань компілятора та мінімізує інші налаштування, що спрощує початок роботи для новачків та зменшує ризик виникнення проблем, але є директиви препроцесора, такі як `#define`, `#include` та багато інших.

Код розробленої програми представлений в Додатку А.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

6.1 Розробка друкованої плати

Було використано середовище EasyEDA оскільки в ньому є багато бібліотек з елементами, що дозволяє досить швидко розташувати деталі на робочому полі для розведення друкованої плати.

Пошук всіх необхідних компонентів виконую за допомогою поля «Commonly Library» (рис. 6.1). Для створення елементів використовую вкладки «Інструменти» (рис. 6.2). Плата пристрою розроблена в середовищі EasyEDA, на рисунку 6.3. Друкована плата вимірjuвальної системи приведені на (рис. 6.3 а, б). Розміри плати: 71 x 96 мм.

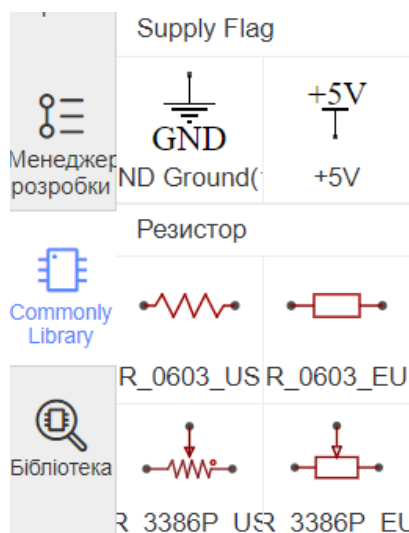


Рис. 6.1 – Пошук необхідних елементів у програмі EasyEDA

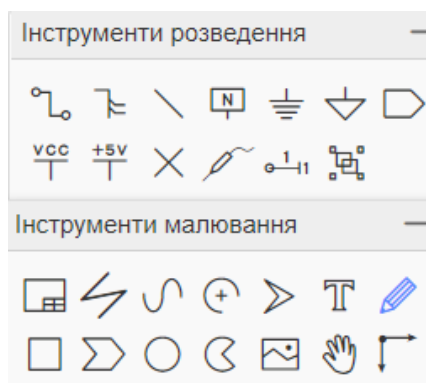
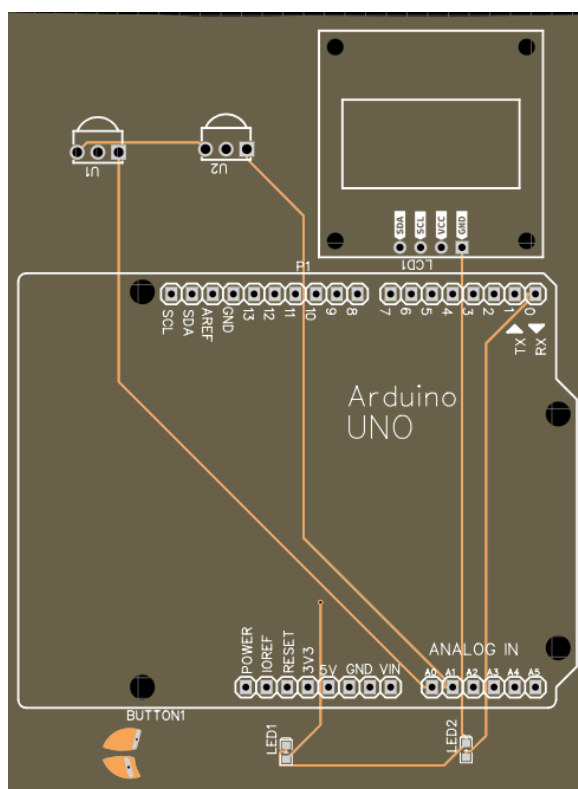
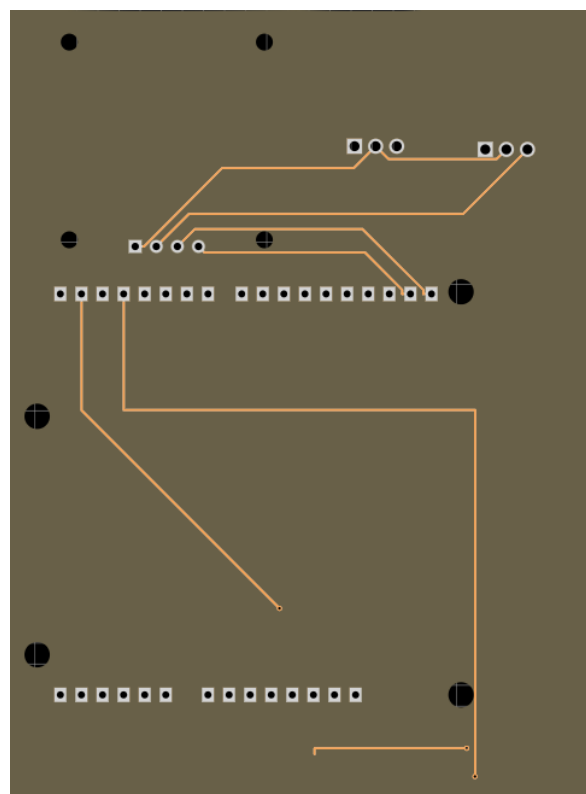


Рис. 6.2 – Інструменти для створення елементів у програмі EasyEDA



а



б

Рис. 6.3 – Друкована плата: а – зовнішня сторона плати, б – дзеркальне
Відображення

6.2 Розрахунок надійності системи

При розрахунку надійності визначалися наступні кількісні показники:

1. Ймовірність безвідмовної роботи за заданий час $P(t)$;
2. Параметр потоку відмовлень $\lambda(t)$;
3. Середній наробіток до відмовлення T_e .

Безвідмовність – властивість системи неперервно зберігати працездатність впродовж заданого інтервалу часу. Звичайно визначається імовірність безвідмовної роботи за даний інтервал часу, що вибирається рівним 500, 1000 чи 2000 годин.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Основним показником, що враховується при розрахунках надійності, є інтенсивність відмовлень $\lambda(t)$ – число відмовлень в одиницю часу, віднесене до числа елементів, що залишилися справними до початку даного інтервалу часу.

Розрахунок показників надійності проводився методом λ - характеристик, заснованому на інтенсивностях відмовлень комплектуючих виробів (КВ) і поправочних коефіцієнтах, що враховують реальні режими і умови експлуатації виробу.

Виріб призначений для роботи в умовах помірного клімату:

- Робочий діапазон температури від -25 до 55°C, відносна вологість повітря до 80% при 20 °C;
- Конструктивно виконано для роботи на зовні автомобіля без штучно регульованих кліматичних умов, вібростійкий.

Склад виробу: Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва.

Критерієм відмовлення виробу вважається відмовлення будь-якої його складової частини (вузла), що приводить до порушення працездатності виробу і неможливості використання його по призначенню.

При розрахунку надійності були прийняті наступні допущення:

1. Відмовлення КВ й ІС є подіями випадковими і незалежними;
2. Відмовлення будь-якого КВ приводить до відмовлення виробу в цілому;
3. Інтенсивність відмовлень КВ протягом терміну їхньої служби в тих самих робочих режимах і умовах є постійною;
4. Закон розподілу в розрахунках безвідмовної роботи передбачається експоненціальним.

Розрахунок надійності спроектованого виробу проводиться в відповідності з електричною принциповою схемою виробу і з обліком заданих кліматичний категорії і виконання виробу.

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу проводиться по формулі:

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i, \quad (6.1)$$

де n – загальне число групи КВ, що входять до складу проектного виробу; $N_i \lambda_i$ – кількість і інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи відповідно.

Інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи в робочому режимі визначалася по формулі

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_1 \dots a_n. \quad (6.2)$$

Де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_1 \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи в залежності від призначення й умов майбутньої роботи), електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень.

Конкретні формули, по яких визначалися інтенсивність відмовлень кожної групи комплектуючих виробів, приведені в таблиці 6.1.

Величини значень визначилися по довідковим даним, приведеним у !!! з врахуванням вихідних даних для проектного виробу.

Таблиця 6.1 – Перелік комплектуючих виробів

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
1	Мікросхеми				a_1	a_2	a_4	a_6	
	Arduino Uno	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
2	Датчики Т1592	2	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	1,638
3	Світлодіод LED	1	0,05	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,7		1	0,0735

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
	RED								
4	Дисплей LCD1602	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
5	Кнопка тактова	1	0,1	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1			1	0,21
6	Пайки	70	0,0001	$\lambda_0 \cdot a_1$	2,1				0,0147
7	Блок живлення 5В	1	30	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	63
	Разом								66,57

По формулі (6.1) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в графі 10 таблиці 6.2):

$$\lambda = 66,57 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t \quad (6.3)$$

де λ – параметр потоку відмовлень; t – час роботи виробу (год).

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.2 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

250	500	750	1000	2000	5000	8000	10000
0,9835	0,9673	0,9513	0,9356	0,8753	0,7169	0,5871	0,5139

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

$$T_0 = \lambda^{-1} \quad (6.4)$$

Підставляючи дані в формулу (2.4) одержимо

$$T = (66,57 \cdot 10^{-6})^{-1} = 15021,78 \text{ годин.}$$

					МММТ.420.001.001-ПЗ			Арк.
								59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

На графіку, приведеному на рис 6.4 приведена залежність надійності $P(t)$.

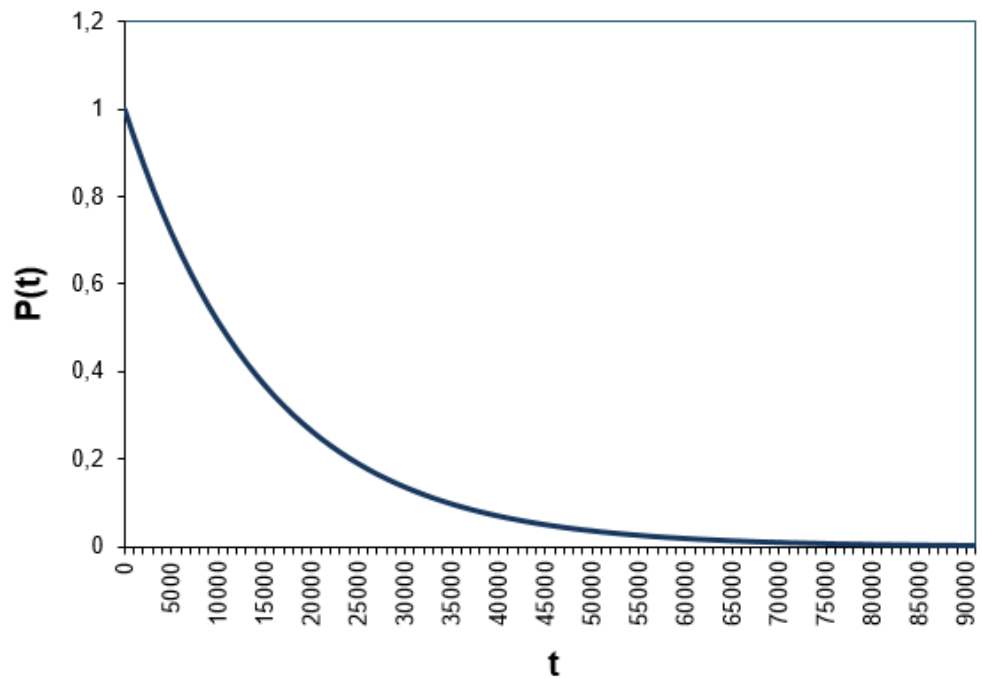


Рис.6.4 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Охорона праці

Охорона праці водночас вирішує два основних завдання. Одне з них – інженерно-технічне – передбачає запобігання небезпечним подіям під час трудового процесу шляхом:

- Заміни небезпечних матеріалів менш небезпечними,
- Переходу на нові технології, які зменшують ризик травмування і захворювання,
- Проектування і конструювання устаткування з урахуванням вимог безпеки праці,
- Розробки засобів індивідуального та колективного захисту.

Друге – соціальне – пов’язане з відшкодуванням матеріальної, моральної чи соціальної шкоди, завданої внаслідок нещасного випадку або професійного захворювання, тобто це захист працівника та його прав.

Виходячи з поставлених перед нею завдань, охорона праці, ґрунтуючись на правових та організаційних основах, вирішує питання виробничої санітарії, виробничої та пожежної безпеки.

Структурно охорона праці включає у себе:

- Правові та організаційні основи охорони праці;
- Фізіологію, гігієну праці та виробничу санітарію;
- Виробничу безпеку;
- Пожежну безпеку та профілактику на виробництві.

7.2. Розробка заходів з охорони праці

Повітряне середовище, в якій здійснюється виробнича діяльність людини, характеризується хімічним складом, фізичними параметрами та іншими показниками, які надають значний вплив на здоров'я працюючих, їх психофізіологічний стан і працездатність.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Атмосферне повітря, найбільш сприятливий для дихання, у своєму складі містить 78,08% азоту, 20,95% кисню, 0,03% вуглекислого газу, 0,93% інертних і 0,01% інших газів.

У процесі виробничої діяльності в повітря робочої зони можуть потрапляти шкідливі речовини різного походження (гази, пари, аерозолі), які здатні викликати захворювання або відхилення у стані здоров'я працюючих.

За характером впливу на організм шкідливі речовини класифікуються на загальнотоксичні; дратівливі; сенсibiliзуючі; канцерогенні; мутагенні.

Вимірювання токсичності відпрацьованих газів автомобілів виробляються за допомогою приладу "ГІАМ-29", а димності - "ДО-1".

Також одним з найважливіших чинників підтримки гарного самопочуття і високої працездатності персоналу є забезпечення певною мірою іонізації повітряного середовища в робочій зоні.

Санітарно-гігієнічна оцінка максимально можливих (очікуваних) рівнів забрудненості повітря і порушення його іонної концентрації.

Гігієнічна оцінка ступеня забруднення повітряного середовища шкідливими речовинами проводиться шляхом зіставлення фактичної їх концентрації в робочій повітряній зоні (або в зоні дихання) з гранично допустимою концентрацією встановленої нормативною документацією.

Для санітарно-гігієнічної оцінки повітряного середовища використовується декілька видів гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин, які встановлені на основі рефлекторних реакцій організму людини на присутність у повітрі шкідливих речовин.

Для створення сприятливих умов зорової роботи, які б виключали швидку втомлюваність очей, виникнення професійних захворювань, нещасних випадків і сприяли підвищенню продуктивності праці та якості продукції, виробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам:

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
- Забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути частої переадаптації органів зору;
- Не створювати засліплювальної дії як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;
- Не створювати на робочій поверхні різких та глибоких тіней (особливо рухомих);
- Повинен бути достатній для розрізнення деталей контраст поверхонь, що освітлюються;
- Не створювати небезпечних та шкідливих виробничих чинників (шум, теплові і випромінювання, небезпека ураження струмом, пожеж та вибухонебезпека світильників);
- Повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним.

Основними методами боротьби з виробничим шумом і вібрацією є:

- Зменшення шуму в джерелі;
- Звукопоглинання і вібропоглинання;
- Звукоізоляція і віброізоляція;
- Акустична обробка приміщень;
- Зменшення шуму на шляху його поширення;
- Раціональне планування підприємства і цехів;
- Установка глушників шуму;
- Вживання засобів індивідуального захисту.

Під електробезпекою розуміють систему організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист особового складу під шкідливого та небезпечного впливу:

- Електричного струму;
- Електричної дуги;

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Електромагнітного випромінювання;
- Статичної електрики.

Електрообладнання, яким доводиться користуватися працівникам на підприємстві, являє собою потенційну небезпеку. Багато нещасних випадків відбувається при обслуговуванні найбільш поширеного електрообладнання, розрахованого на напругу 127-380 В.

Система організаційно-технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливих впливів ел. струму, ел. дуги, ЕМ поля і статичної електрики. Порушення вимог електробезпеки призводить до електричних травм.

7.3. Пожежна безпека приміщення

Проаналізуємо можливі причини виникнення пожежі і речовини, що можуть горіти. Можливими причинами виникнення пожежі можуть бути:

- Несправність в електроустаткуванні, наприклад, пробій ізоляції, несправності, що виникли внаслідок механічних ушкоджень;
- Порушення протипожежного режиму, наприклад, паління в недозволених місцях, користування побутовими електронагрівальними приладами.

Речовини, що можуть горіти:

- Меблі: столи, стільці, тумбочки, виготовлені з дерева;
- Папір: документація, папір для принтера, шпалери;
- Конструктивні елементи приміщення: покриття підлог (паркет), двері (дерево), віконні рами (дерево);
- Конструктивні елементи комп'ютера: корпуси принтерів, дисплеїв, клавіатур, кабельні лінії, монтажні плати і радіодеталі.

У разі, якщо пожежі не вдалось уникнути, необхідно:

1) терміново повідомити пожежну охорону по телефону 101, вказати при цьому адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, своє прізвище;

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2) організувати евакуацію людей та матеріальних цінностей;
- 3) повідомити про виникнення пожежі адміністрацію та чергового (за його наявності);
- 4) вимкнути, у разі необхідності, струмоприймачі та вентиляцію;
- 5) розпочати гасіння пожежі наявними первинними засобами пожежогасіння;
- 6) організувати зустріч підрозділів пожежної охорони й надати їм консультаційну та іншу допомогу в процесі гасіння пожежі.

7.4. Навчання, інструктаж працівників з питань охорони праці

Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затверджене наказом Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 № 15.

Інструктажі з питань охорони праці на підприємстві мають проходити усі працівники під час прийняття на роботу і в процесі трудової діяльності, а також учні, курсанти, слухачі та студенти під час трудового і професійного навчання. Інструктаж, навчання та перевірку знань з охорони праці зобов'язаний організувати роботодавець за власний рахунок.

Перевірку знань працівників з питань охорони праці на підприємстві проводить комісія, склад якої затверджує своїм наказом керівник.

Законодавством заборонено допускати до робіт працівників, у т. ч. посадових осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці.

Відповідальність за організацію і проведення інструктажів несе роботодавець.

Види інструктажів з охорони праці:

За характером і часом проведення розрізняють вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі, кожен з яких проводиться певним категоріям працівників та за певних умов.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступний інструктаж з охорони праці

- 1) Цей вид інструктажу з охорони праці на підприємстві проводять:
- 2) Усім працівникам, яких беруть на постійну або тимчасову роботу, незалежно від їх освіти, стажу роботи та посади;
- 3) Працівникам інших організацій, які прибули на підприємство і беруть безпосередню участь у виробничому процесі або виконують інші роботи для підприємства;
- 4) Учням та студентам, які проходять на підприємстві трудове або професійне навчання;
- 5) Учасникам екскурсії на підприємство.

Первинний інструктаж з охорони праці:

Такий вид інструктажу з питань охорони праці проводять з працівниками:

- 1) Новоприйнятими на постійну чи тимчасову роботу;
- 2) Відрядженими з іншого підприємства;
- 3) Яких перевели з іншого структурного підрозділу підприємства;
- 4) Які виконуватимуть нову роботу;
- 5) З учнями, курсантами, слухачами та студентами навчальних закладів;
- 6) До початку трудового або професійного навчання;
- 7) Перед виконанням кожного навчального завдання, пов'язаного з використанням різних механізмів, інструментів, матеріалів тощо.

Повторний інструктаж з охорони праці:

Терміни проведення повторного інструктажу встановлюються НПАОП, які діють у галузі, або роботодавцем з урахуванням конкретних умов праці, проте не рідше:

- Одного разу на три місяці – для робіт з підвищеною небезпекою;
- Одного разу на шість місяців – для інших робіт.

Позаплановий інструктаж з охорони праці:

Цей вид інструктажу з охорони праці проводять у тому разі, якщо на підприємстві:

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Введено в дію нові або переглянуті НПАОП, внесено зміни та доповнення до них;
- Змінено технологічний процес, замінено або модернізовано устаткування, прилади, інструменти, вихідну сировину, матеріали тощо;
- Працівниками порушено вимоги НПАОП, й це призвело до травм, аварій, пожеж тощо;
- У разі перерви понад 30 календарних днів у роботі виконавця робіт з підвищеною небезпекою та понад 60 днів – у роботі виконавця інших робіт.

Цільовий інструктаж з охорони праці:

Проводять у разі ліквідації аварії або стихійного лиха та проведення робіт, на які потрібен наряд-допуск, наказ або розпорядження.

У разі виконання робіт, на які потрібно оформлювати наряд-допуск, цільовий інструктаж реєструють у цьому наряді-допуску, а в журналі реєстрації інструктажів – не обов'язково.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі була розроблена комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення рівня рідини в резервуарах хімічного виробництва.

Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система може використовуватися для керування рівнем води в резервуарах для промисловості.

Вимірювання рівня рідини здійснюється завдяки датчику рівня води.

Розроблена комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система працює в автоматичному режимі. Виміряні значення рівня рідини виводяться на дисплей. Критичні значення рівня рідини супроводжуються світловою сигналізацією в вигляді світлоіода.

В дипломній роботі вирішенні такі завдання:

- Зроблений аналіз існуючих системи вимірювання рівня рідини.
- Обрано складові елементи комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи;
- Розроблена структурна та принципова схеми системи.
- Розроблена друкована плата;
- Розроблений алгоритм роботи та програма.
- Розрахована надійність системи.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Датчик верхнього та нижнього рівня води [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://vmeste-masterim.ua/datchik-verhnego-i-nizhnego-urovnja-vody.html>
2. Ультразвукоюй рівнемір ДВР [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://npp-vodomer.prom.ua/p88581562-ultrazvukovoj-urovnemer-dvr.html>.
3. Портативний ультразвуковий рідинний витратомір TDS-100[Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://ua.tultrasonic-flowmeter.com/flow-meter/portable-flow-meter/tds-100h-portable-clamp-on-ultrasonic-liquid.html>.
4. Level Control Solo [Електроний ресурс]. – Режим доступу: https://linex.kiev.ua/wp-content/uploads/2018/02/Levelcontrol_Solo_0909_ru.Pdf.
5. Контроль водного рівня Fitstar [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://watermart.ua/elektricheskiy-kontrol-urovnya-vody-k-skimmeru-fitstar-1702050.html>.
6. Магда Ю. С.Микроконтроллеры серии 8051: практический подход. — М.: ДМК Пресс, 2008. — 228 с.
7. Мікроконтролер i8051 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: http://radio-vtc.inf.ua/mps/lesson/L16_2012.htm.
8. Переваги ультразвукових датчиків [Електроний ресурс]. –Режим доступу: <http://www.sensorica.ru/s3-3a.shtml>.
9. Принцип роботи УЗ-датчиків рівня [Електроний ресурс]. –Режим доступу: rusautomation.ua/articles/ultrazvukovye-datchiki-urovnya-osobennosti-primeneniya.
10. Як влаштований РК дисплей [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://techno-guide.ru/informatsionnye-tehnologii/displei/ustrojstvo-zhk-displeya.html>.
11. Обираємо текстовий екран [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://amperka.ua/page/text-displays-guide>.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Принцип роботи сирени для сигналізації та особливості підключення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://signalkaman.ua/remont/printsip-raboty-sireny-dlya-signalizatsii-i-osobennosti-podklyucheniya.html>

13. Основні типи і види насосів, їх характеристики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://poradumo.com.ua/301962-o-176>.

14. Одноканальне реле 5V Arduino KY-019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://beegreen.com.ua/odnokanalne-rele-5v-arduino-ky-019-11731>– Дата звернення: 25.05.2021.

15. Магда Ю. Микроконтроллеры серии 8051. Практический подход / Ю. С. Магда., 2008. – 224 с.

16. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod182-yltrazvykovoi-datchik-rasstoyaniya-hc-sr04>.

17. LCD 1602 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://duino.ua/lcd-1602-arduino>.

18. Міні сирена Elegant EL 101[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.avtoradosti.com.ua/p/125795.html>.

19. LED червоний ультра яскравий [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://arduino.ua/prod372-Svetodiod_krasnii.

20. Стабілізатор напруги MT3608 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://3v3.com.ua/product_1019.html.

21. Насос WM-DW0010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aurora-auto.com/products/motorchik-omyvatelya-daewoo-lanos-sens-novogo-obraztsa-aurora>.

22. Блоку живлення HG Power 5 В 4 А [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electronoff.ua/good/blok-pitaniya-5v-4a-vilochnyj-adpv26b-5.php>.

23. Ультразвуковий контроль рівня води на мікроконтролері 8051[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.circuitstoday.com/ultrasonic-water-level-controller-using-8051>.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. Алексеев Г.В., Борисов В.Ф., Воробьева Т.Л., Высоцкий Б.Ф., Назаров А.С. Конструирование и расчет больших гибридных интегральных схем, микросборок и аппаратуры на их основе: Учебное пособие/ Под ред. Б.Ф. Высоцкого. - М.: Радио и связь, 1981. - 216с.

25. Расчет надежности. Методическое пособие по дипломному проектированию – РГКРИПТ, Ростов-Дон, 2004. – 407 с.

					МММТ.420.001.001-ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А

Програмний код для системи визначення рівня рідини у резервуарі

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

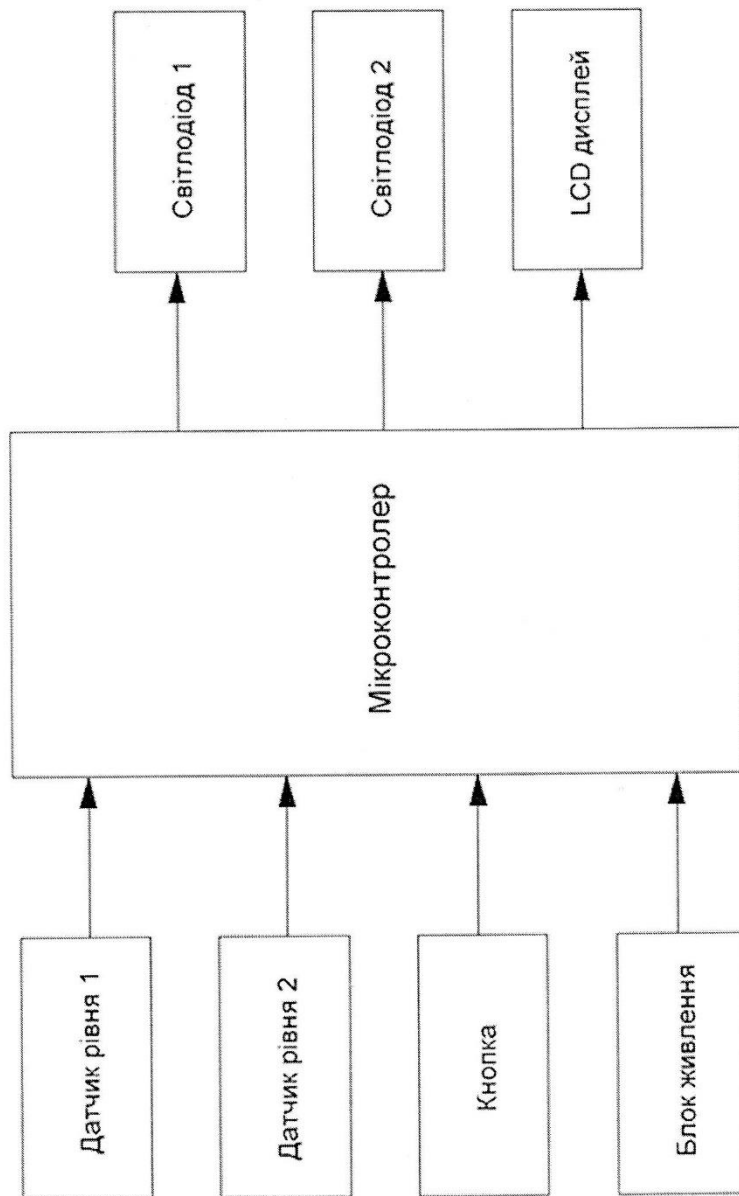
#define WaterSensor A0
#define BlueLED 2
#define RedLED 3
#define Button 4

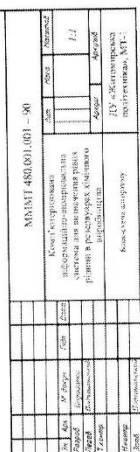
LiquidCrystal_I2C LCD(0x27,16,2);

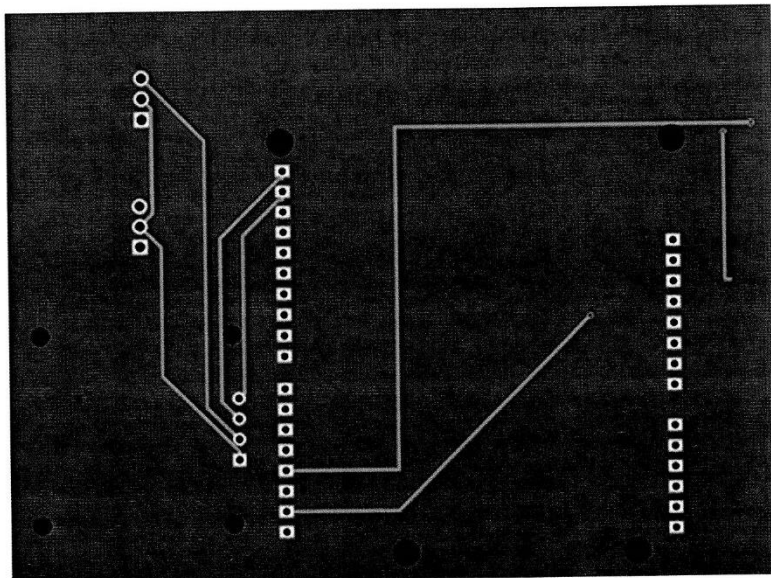
void setup() {
    pinMode(WaterSensor, INPUT);
    pinMode(BlueLED, OUTPUT);
    pinMode(RedLED, OUTPUT);
    pinMode(Button, INPUT_PULLUP);
    LCD.init();          //ініціалізація дисплею
}

void loop() {
    int WaterValue = analogRead(WaterSensor);
    int StatusBar = map(WaterValue, 490, 650, 0, 15);    //конвертація значень
    digitalWrite(BlueLED, HIGH ? WaterValue < 400 : LOW);
    digitalWrite(RedLED, HIGH ? WaterValue > 630 : LOW);
    if (!digitalRead(Button))
    {
        LCD.backlight();
    }
}
```

```
LCD.clear();  
LCD.setCursor(2, 0);  
LCD.print("Water Level: ");  
LCD.setCursor(0, 1);  
LCD.print("|");  
for (int i = 1; i <= StatusBar; i++)  
{  
    LCD.setCursor(i, 1);  
    LCD.print(char(255));  
}  
LCD.setCursor(15, 1);  
LCD.print("|");  
delay(4000);  
LCD.clear();  
LCD.noBacklight();  
}  
delay(50);  
}
```

[illegible]



[illegible]

Позначення	Найменування	Кіл шт.	Примітка
	Мікросхема		
DD1	Arduino Uno R3 ATmega328P	1	
	Датчики		
DA1	TI592	1	
DA2	TI592	1	
	Дисплей		
HG1	LCD 1602 blue I2C	1	
	Світлодіодні індикатори		
LED1	Світлодіод типу DIP (RED)	1	
LED2	Світлодіод типу DIP (BLUE)	1	
	Кнопка		
SB1	TS7701-5.0-250		
	Блок живлення		
X1	Акумуляторна батарея крона 6F22 9В	1	

MMMT 480.001.001 – ПЕЗ				
Кам	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Березюк В.В.			
Проєкт.	Підприємство			
Відп.				
Н. Контр.				
Замов.	Підприємство			

Комп'ютерна інформаційно-кадрова система для забезпечення рівня роботи у резервах клієнта			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перелік елементів				1	1
			ІУ «Інформація, політика»		
			МТ-1		